

Géologie Générale

GGC 3

Stéphane SCHWARTZ
ISTerre - Polytech Grenoble

Géologie Générale
Géotech 3

- Introduction
- Partie I. Les matériaux de l'écorce terrestre
- Partie II. Structure du globe
- Partie III. Géodynamique interne
- Partie IV. La déformation des roches
- Partie V. Erosion et altération des roches

V. Erosion et altération des roches

- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
- 5. Erosion glaciaire**

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

→ 1. L'eau sur Terre et ses propriétés

→ 1-1. Définitions

géologie générale - Erosion et altération des roches

L'eau sur Terre

L'eau existe sur Terre sous 3 états : liquide, gaz, solide

→ constitue une enveloppe appelée hydrosphère empiétant sur l'atmosphère et la lithosphère...

On trouve de l'eau :

- ➔ Dans la **troposphère** jusqu'à 10 km, sous la forme de vapeur associée avec N₂, O₂ et CO₂. Ne représente que 0.001% de l'eau de la Terre.
- ➔ **A la surface de la Terre** → les océans et les mers (97.1%) et également les **eaux douces** → calottes polaires 1.7%, lacs et rivières 0.01% et l'eau biologique (0.0001%)
- ➔ En profondeur domaine des **eaux souterraines** (1.2%) → eaux interstitielles situées dans les pores des roches sédimentaires émergées.

Capacité des différents réservoirs de surface

Grands Réservoirs	Ensemble des eaux		Eaux douces	
	volumes d'eau stockée		volumes d'eau stockée	
	10 ⁶ km ³	%	10 ⁶ km ³	%
★ Océans	1340	97,1%		
Glaces	24	1,7%	24	60%
Eaux souterraines	16	1,2%	16	40%
Eaux de surface	0,176	0,01%	0,090	0,2%
Atmosphère	0,013	0,001%	0,013	0,03%
Eau biologique	0,00112	0,0001%	0,00112	0,003%
Total Hydrosphère	1380		40	

3% d'eau douce ★
→ fragilité de la partie hydrosphère que l'on peut consommer
Réserves très faibles...

Définitions

→ **Aquifère** = formation hydrogéologique perméable permettant l'écoulement d'une nappe d'eau souterraine et le captage d'eau par des moyens économiques.

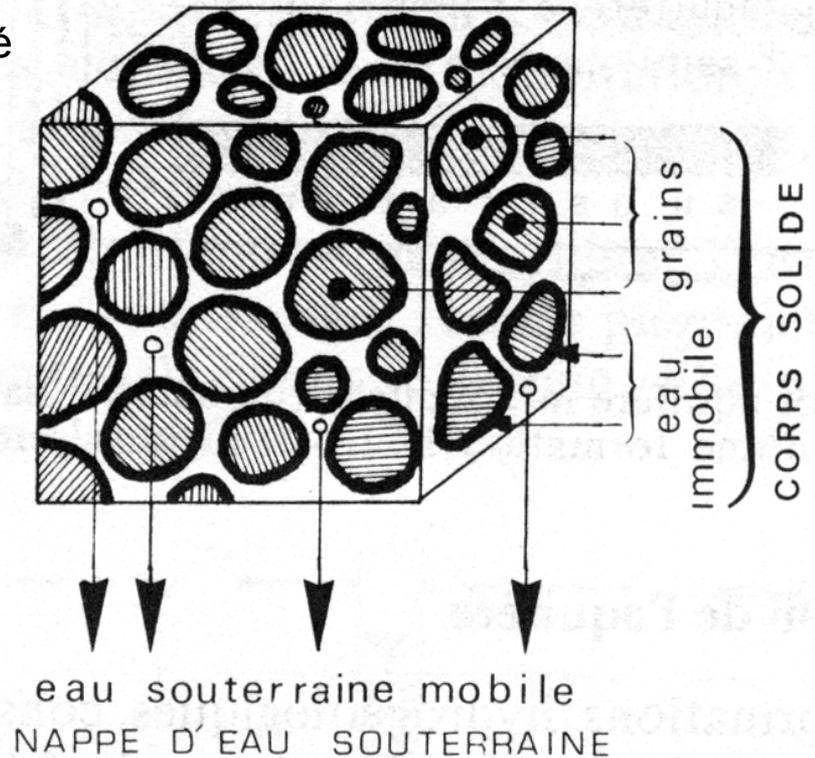
→ Association physico-chimique de 2 éléments correspondant au **(1) réservoir** et à **(2) l'eau souterraine** circulant dans le réservoir.

aquifère = complexe unique réservoir / eau souterraine

(1) Réservoir = phase solide, milieu poreux ou fissuré constituant la trame de la structure, squelette solide ou matrice (ex: grains de sable d'une formation sableuse, roche fissurée de la craie).

(2) Eau souterraine = phase liquide, dont la fraction mobilisable (eau gravitaire) constitue la nappe d'eau souterraine alimentant les sources et rivières.

→ Interactions hydrodynamiques, hydrochimiques, hydrobiologiques entre eau / roche définissent les comportements de l'aquifère (régulation du débit et qualité de l'eau)



Existence de 2 types d'eau souterraine :

➔ ***EAU GRAVITAIRE***

= fraction d'eau souterraine libérée par l'action de la force de gravité (eau mobilisable), elle seule circule dans les aquifères.

➔ ***EAU DE RETENTION***

= fraction d'eau souterraine maintenue dans les vides à la surface des grains ou des parois des microfissures (eau non mobilisable) par des forces supérieures à la force de gravité.

Les réservoirs contenant l'eau souterraine peuvent être divisés en deux groupes :

➔ ***Réservoirs en milieu poreux***, l'eau circule dans les pores ou les interstices séparant les grains : alluvions (sables, graviers...), tuf volcaniques, grès et calcaires peu cimentés...

➔ ***Réservoirs fissurés***, l'eau circule le long des plans de discontinuité de la roche : roches cristallophylliennes, calcaires compacts...

En milieu calcaire, la dissolution transforme les fissures en cavités (phénomène de karstification).

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

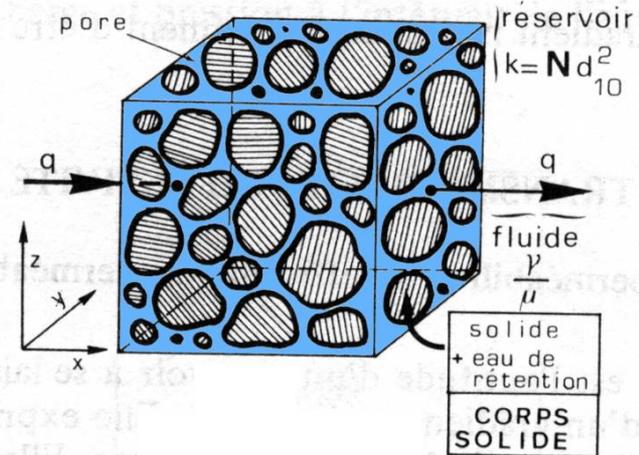
→ 1. L'eau sur Terre et ses propriétés

→ 1-1. Définitions

→ 1-2. Coefficient de perméabilité

Coefficient de perméabilité K (m/s)

$$K = Nd_{10}^2 \cdot \frac{\gamma}{\mu}$$



➔ Perméabilité intrinsèque (réservoir)

-> décrit la résistance que rencontre l'eau circulant dans le réservoir en fonction de la granulométrie et du degré d'interconnection des vides.

- d_{10} diamètre efficace des grains (cm)
- N facteur de forme (sans dimension), forme et arrangement des grains

➔ Coefficient du fluide (liquide en mouvement)

-> décrit le mouvement du liquide en fonction de la température et de la concentration.

- μ viscosité dynamique qui exprime la résistance du liquide à l'écoulement
- γ poids volumique (ρg) exprimant la force motrice du liquide sous l'effet de la gravité

-> dans K le facteur principal est la **Viscosité Dynamique**

Géologie Générale
Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

→ 1. L'eau sur Terre et ses propriétés

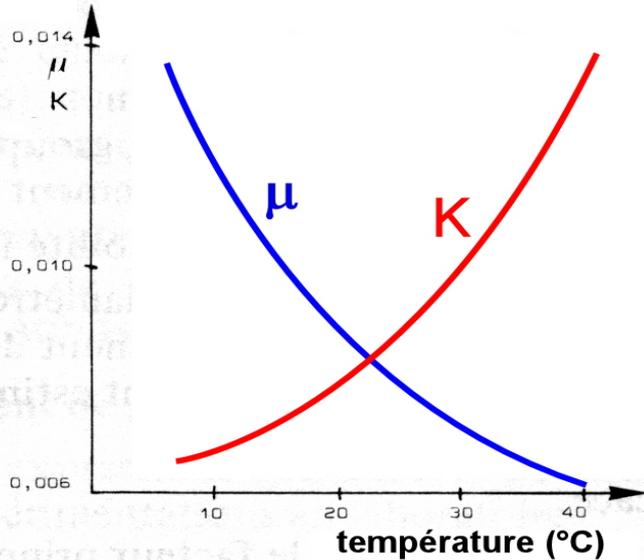
→ 1-1. Définitions

→ 1-2. Coefficient de perméabilité

→ 1-3. Viscosité dynamique

viscosité dynamique

$$K = Nd_{10}^2 \cdot \frac{\gamma}{\mu}$$



→ **μ décroît rapidement avec l'augmentation de température donc K augmente avec la température.**

→ **sous l'effet du gradient géothermique K va augmenter avec la profondeur...**
 - K multiplié par 2 à 1000m
 - K multiplié par 3 à 2000m

valeur du coefficient de perméabilité

K (m/s)		10^1	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	
GRANULOMETRIE	homogène	Gravier pur		Sable pur	Sable très fin		Silt		Argile						
	variée	Gravier gros et moyen	Gravier et sable		Sable et argile-Limons										
DEGRES DE PERMEABILITE		TRES BONNE			BONNE			MAUVAISE				NULLE			
TYPES DE FORMATIONS		PERMEABLES					SEMI-PERMEABLES					IMPER.			

← limites conventionnelles

Géologie Générale
Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

→ 1. L'eau sur Terre et ses propriétés

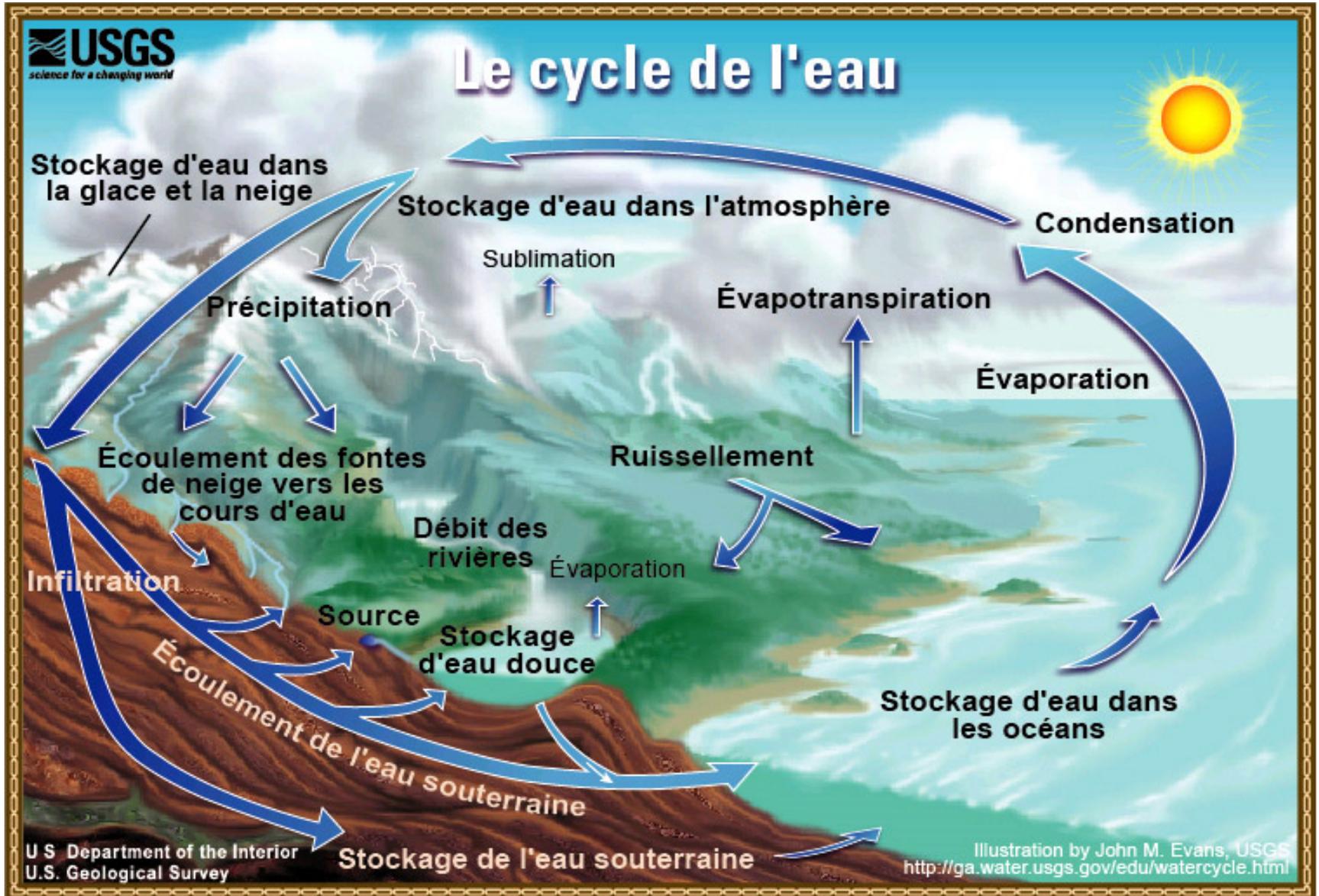
→ 1-1. Définitions

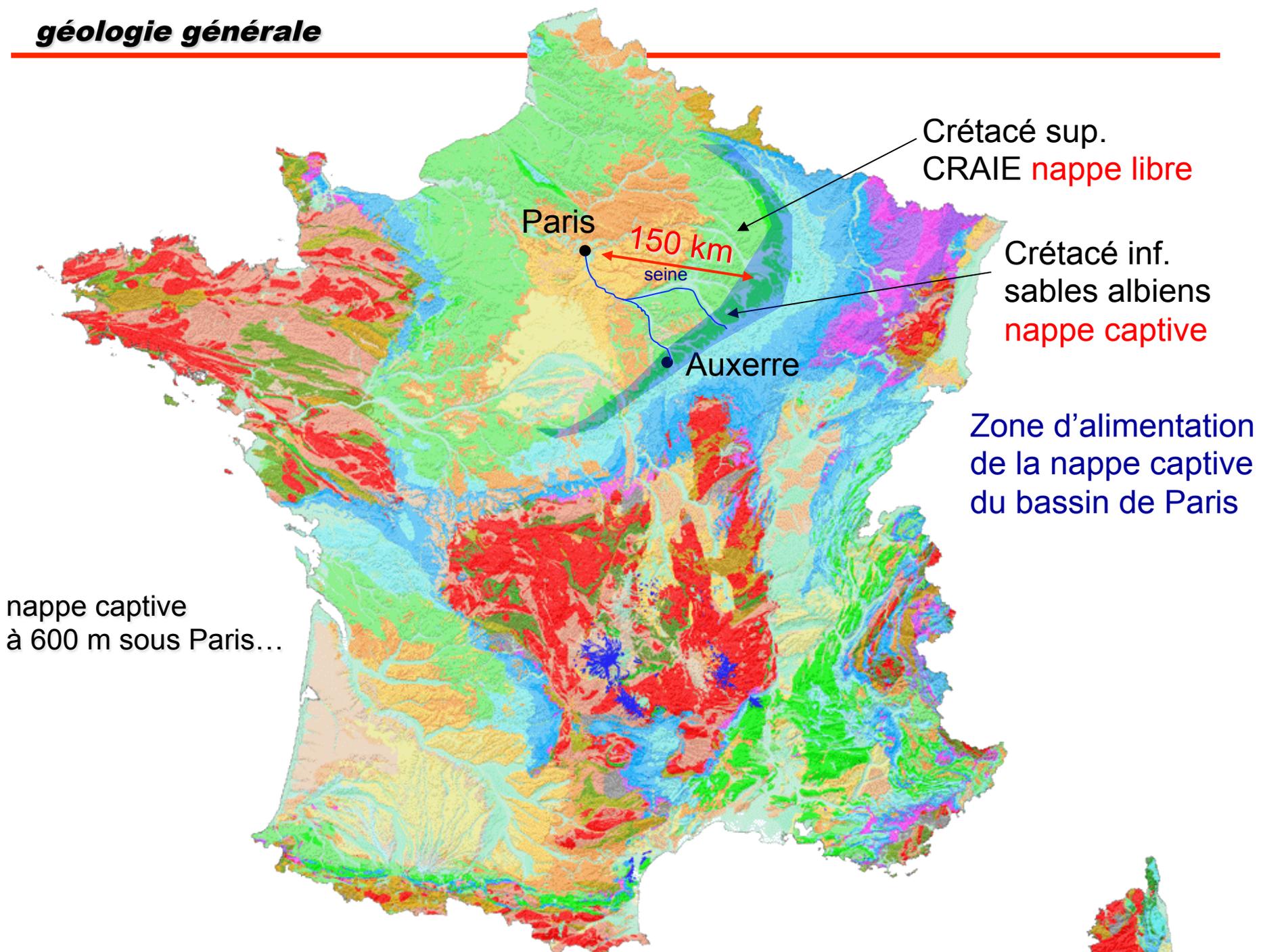
→ 1-2. Coefficient de perméabilité

→ 1-3. Viscosité dynamique

→ 1-4. Cycles de l'eau

→ Cycle Externe





Crétacé sup.
CRAIE **nappe libre**

Crétacé inf.
sables albiens
nappe captive

Zone d'alimentation
de la nappe captive
du bassin de Paris

Paris

150 km
Seine

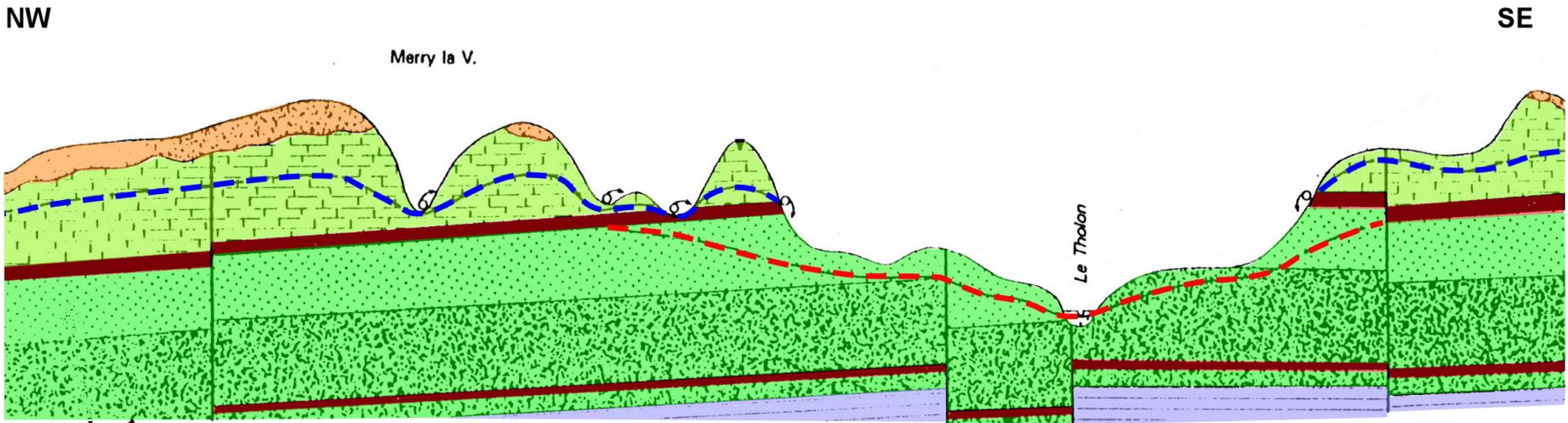
Auxerre

nappe captive
à 600 m sous Paris...

**coupe extraite de la carte hydrogéologique
AUXERRE 1/50.000**

Nappe à 600m sous Paris
avec une épaisseur de 60m

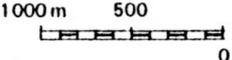
-  placages tertiaires
-  c2 craie
-  c1 sables albiens
-  j3 marnes
-  surface piézo.



Superposition de 2 nappes séparées par des argiles...
nappe libre de la craie et nappe captive des sables albiens

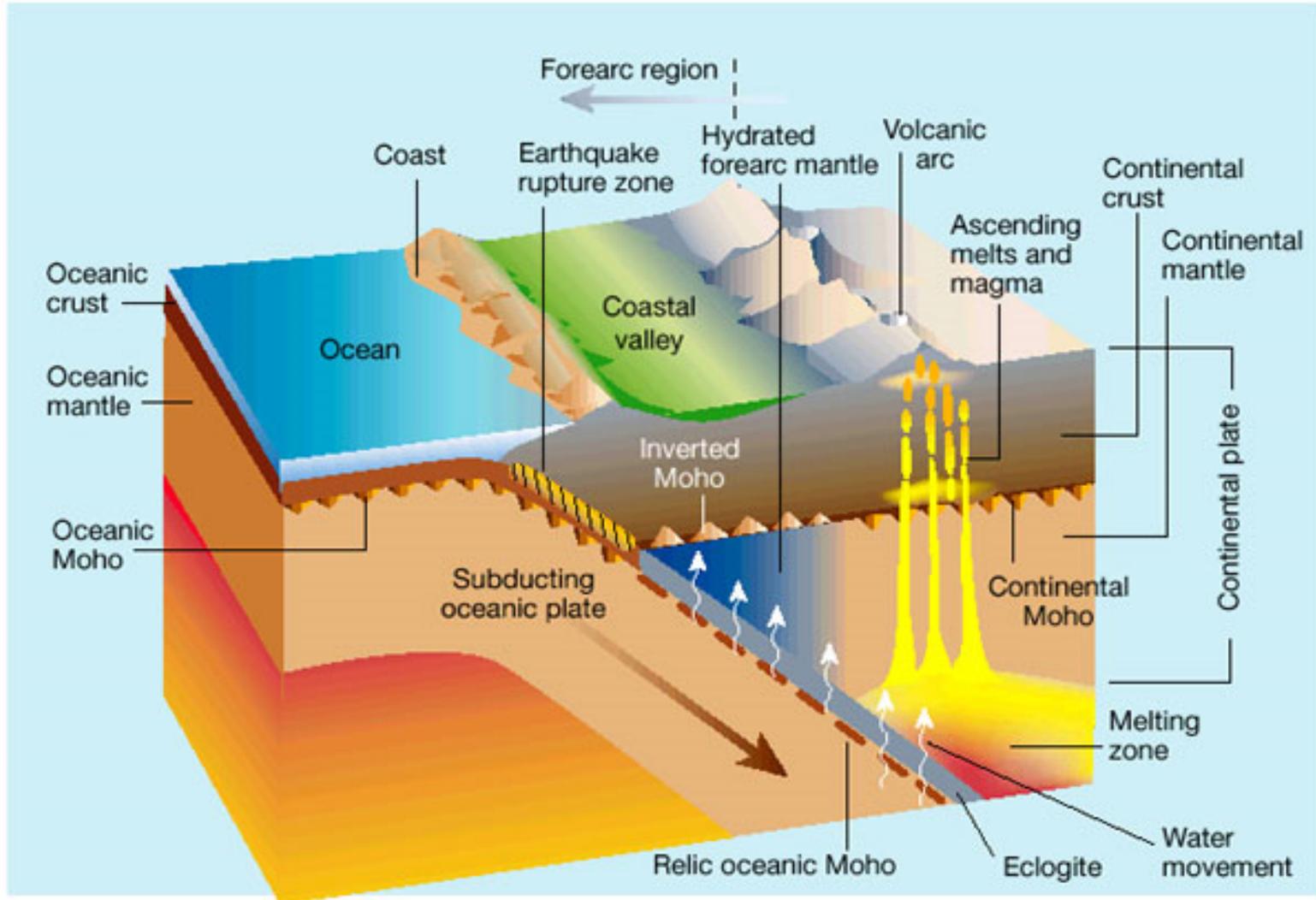
Vitesse d'écoulement (V_r) = $5,73 \cdot 10^{-7}$ m/s = 18 m/an

Temps de résidence (t_r) = $150 \cdot 10^3 / 18 = 8000$ ans

Echelle 1/50 000 

Eau que l'on boit à Paris
→ Eau infiltrée il y a
8000 ans !

➔ Cycle Interne



La subduction permet de libérer des fluides par déshydratation

➔ **Cycle Interne**

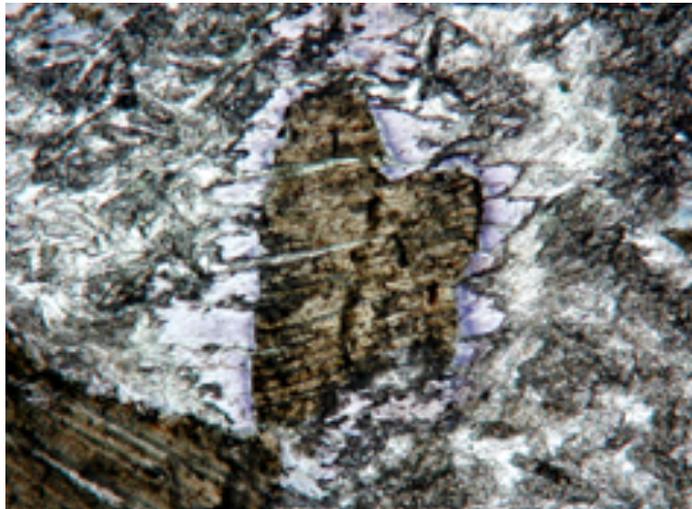
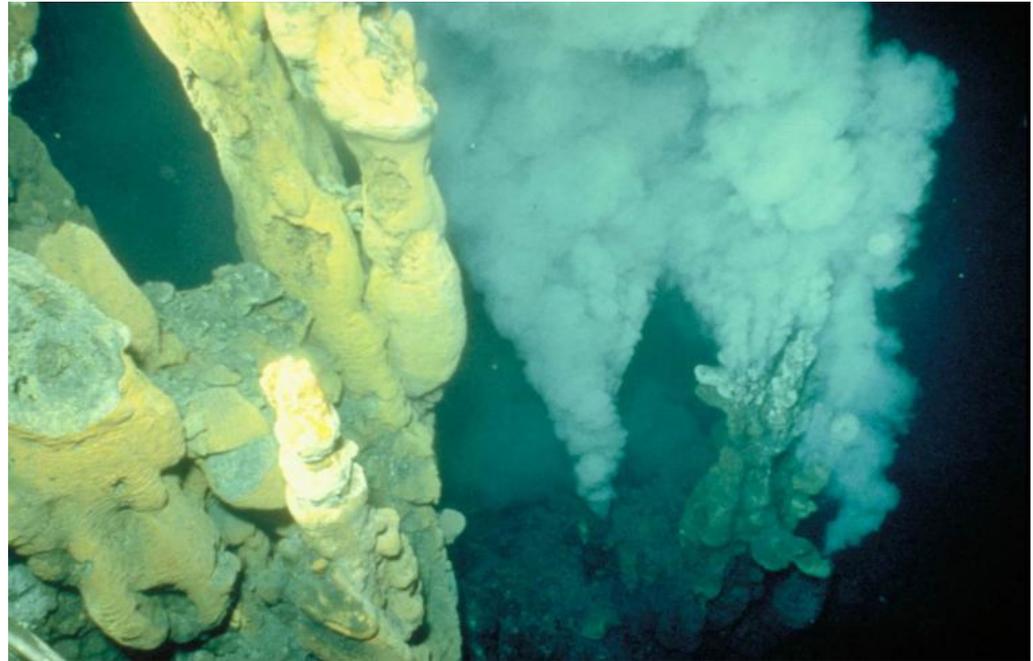
D'où vient l'eau ?

➔ **EAU de mer**

1-Eau de mer associée aux sédiments océaniques

2-Eau de mer circulant dans la croûte océanique par l'intermédiaire de failles

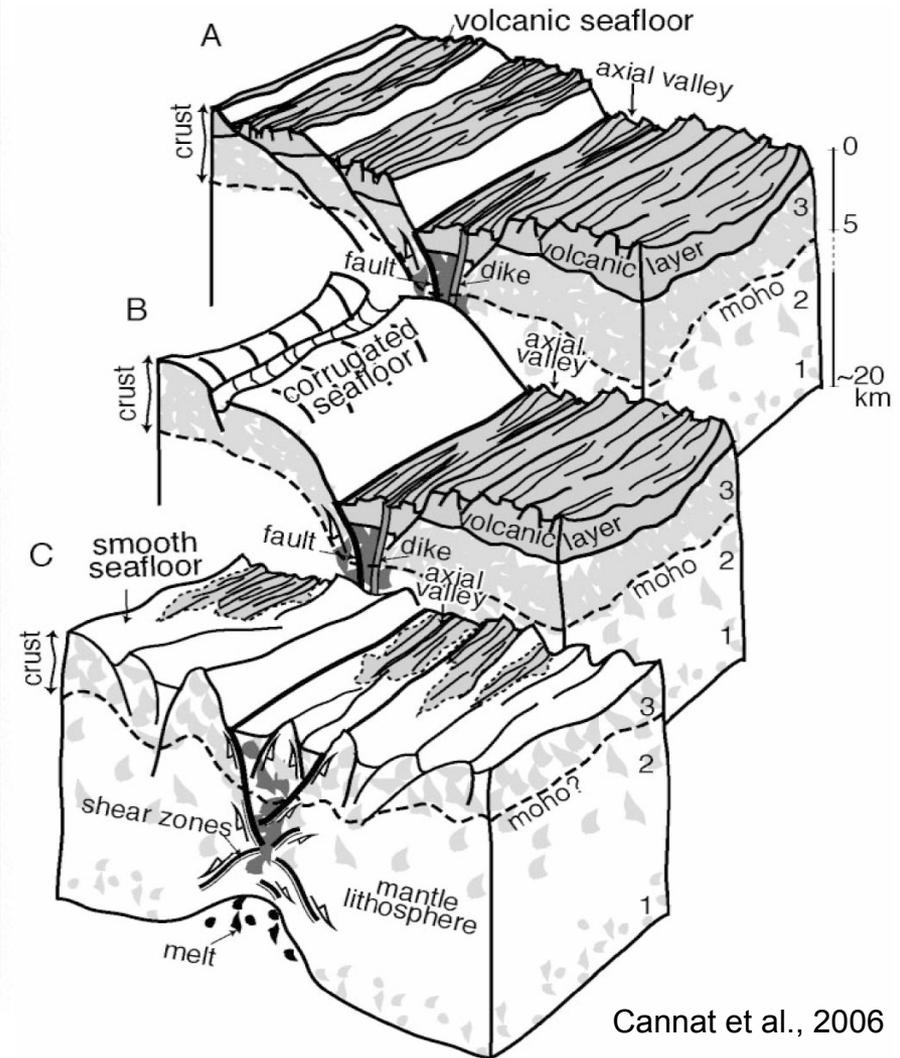
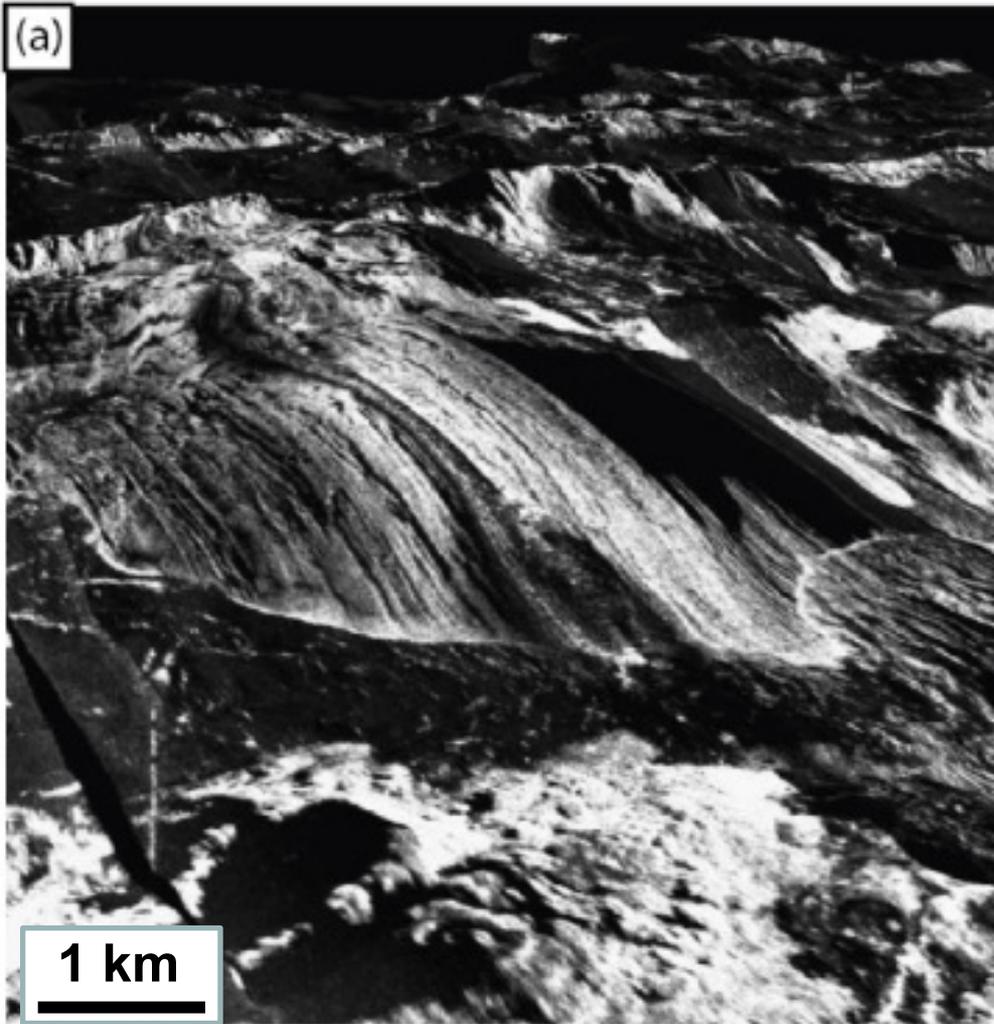
➔ **Hydrothermalisme (altération)**



Solidus du magma basaltique 1100°C
refroidissement de la croûte en présence d'eau...
Pyroxène magmatique + **H₂O** → Amphibole + plagioclase
(à partir de 800°C)

S'observe dans les roches basiques (basaltes et gabbros)
de la croûte océanique...

→ serpentinitisation de la lithosphère océanique (OCC)



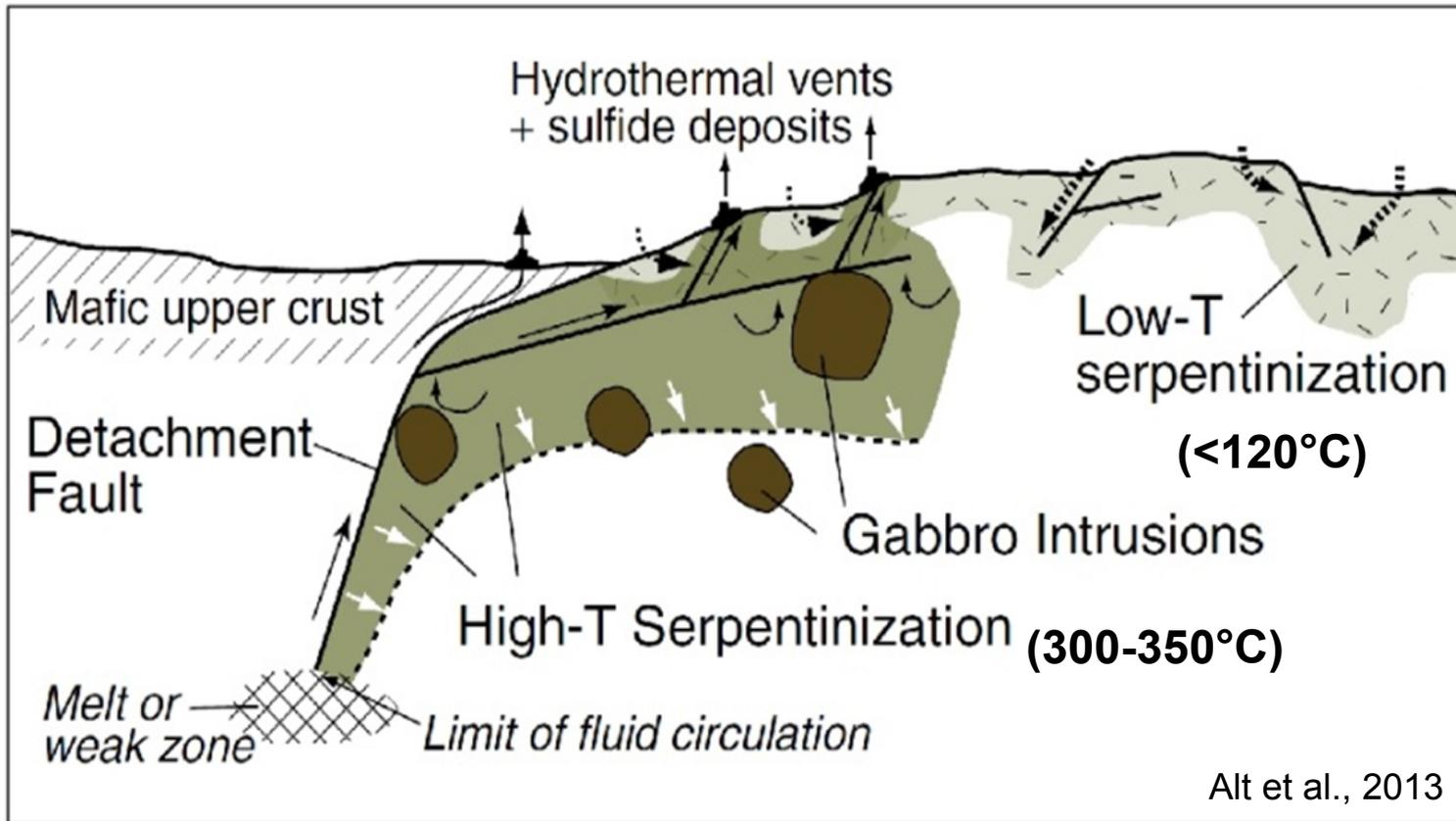
Cannat et al., 2006

McLeod et al., 2009

Oceanic Core Complex (Medio-Atlantic ridge)

→ données acoustiques HR

➔ serpentinitisation de la lithosphère océanique (OCC)



➔ serpentinitisation de la lithosphère océanique (OCC)

Peridotite (anhydre)



Serpentinite (>10% wt. H₂O)

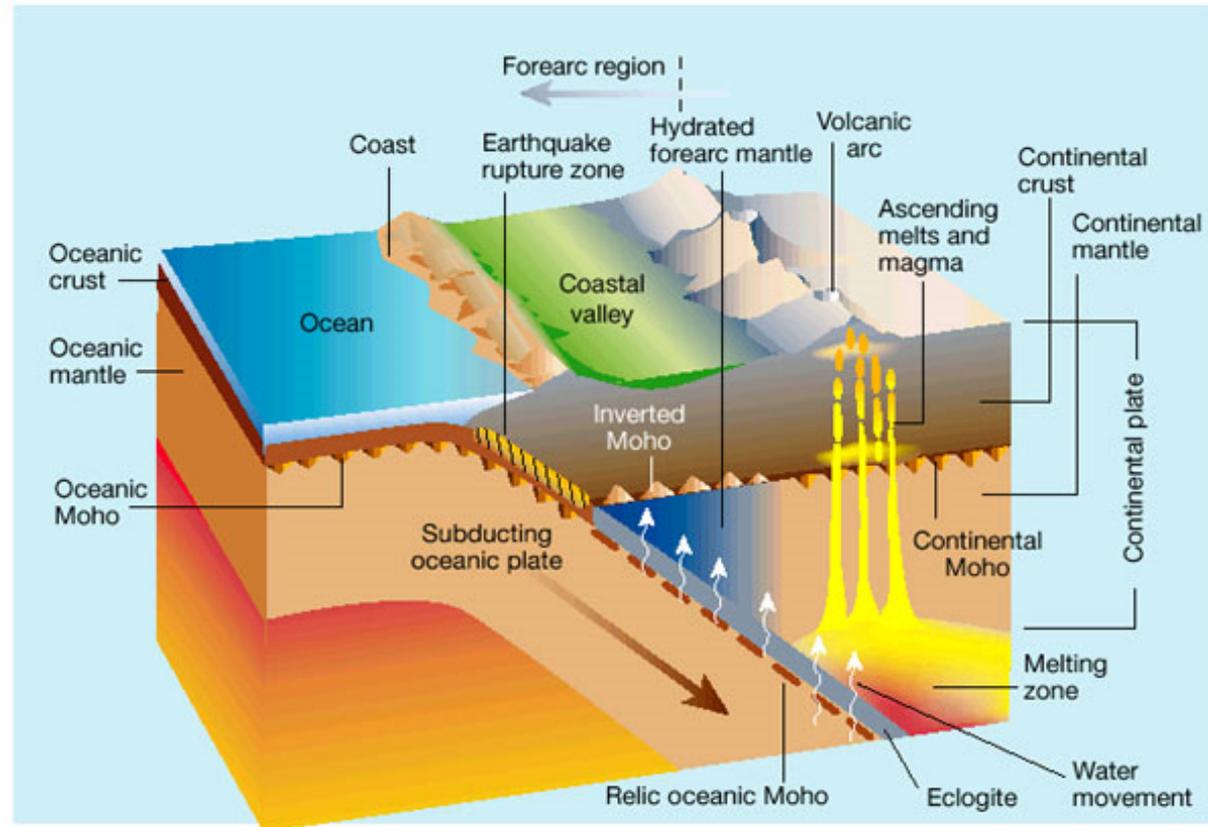


➔ Cycle Interne

**Subduction de matériaux hydratés permet une libération importante H₂O
➔ Sous effet du gradient géothermique (4-8°C/km)**

1-Transitions de phase associées au métamorphisme
➔ métamorphisme de HP-BT
2-Désérentinisation (600°C)

Production de fluides venant imprégner le manteau ➔ production de magmas



V. Erosion et altération des roches

➔ **1. L'eau sur Terre et ses propriétés**

➔ **2. Action chimique de l'eau**

➔ **3. Action mécanique de l'eau**

➔ **4. Constitution d'un système fluvial**

➔ **5. Erosion glaciaire**

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

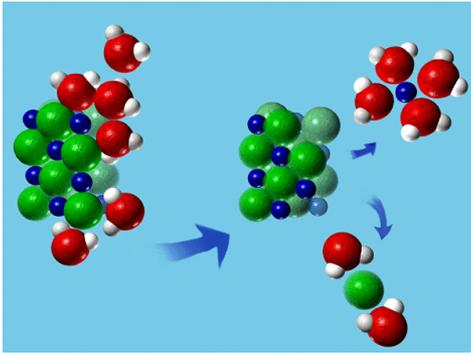
→1. L'eau sur Terre et ses propriétés

→2. Action chimique de l'eau

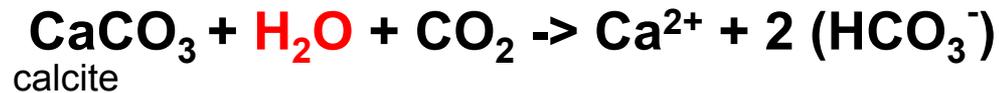
→ 2-1. Action de l'eau pure (dissolution et hydrolyse)

Action chimique de l'eau : principe

→ Mise en solution d'ions prélevés sur les minéraux des roches participant à leur destruction (dissolution ou altération)...



→ processus efficace pour l'ensemble des minéraux constitutifs des roches



→ Cette action est plus ou moins rapide suivant T° , la quantité H_2O et la composition chimique des minéraux...

→ Caractéristiques chimiques de l'eau varient suivant les teneurs en O_2 et CO_2 ...

→ Les parties insolubles se recombinent pour former des argiles (minéraux néoformés)...

Action de l'eau pure

1-Dissolution des roches solubles type halite (NaCl) ou gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
→ se traduit dans les Alpes par la formation de cavités et d'entonnoirs d'effondrement (Col d'Izoard, Galibier...)



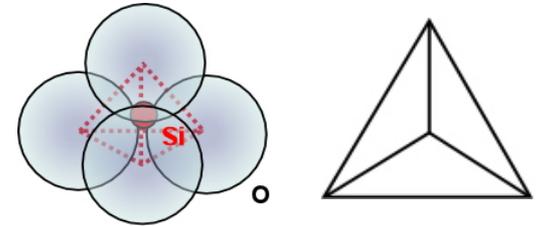
Action de l'eau pure

1-Dissolution des roches solubles type halite (NaCl) ou gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
→ se traduit dans les Alpes par la formation de cavités et d'entonnoirs d'effondrement (Col d'Izoard, Galibier...)

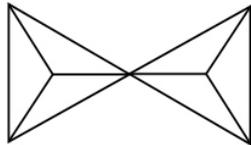
2-Hydrolyse des silicates et altération des roches magmatiques

rappel sur les silicates :

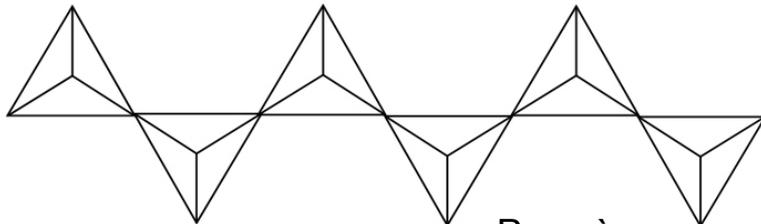
Brique élémentaire des silicates → tétraèdre de silicium



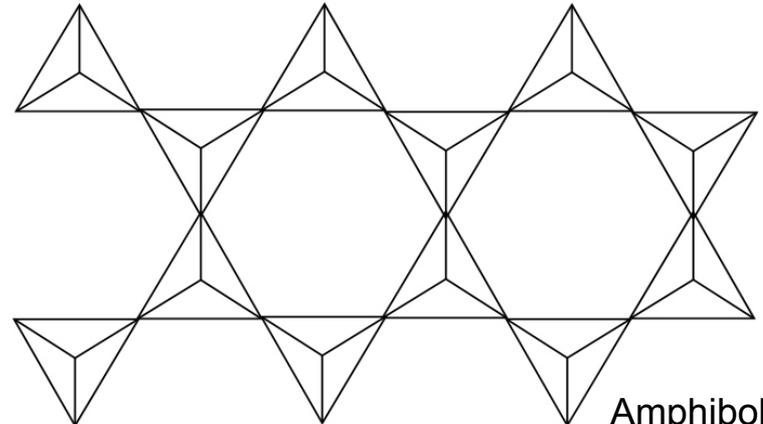
Les différentes familles de silicates se forment par agencement de ces briques élémentaires



Epidote



Pyroxène



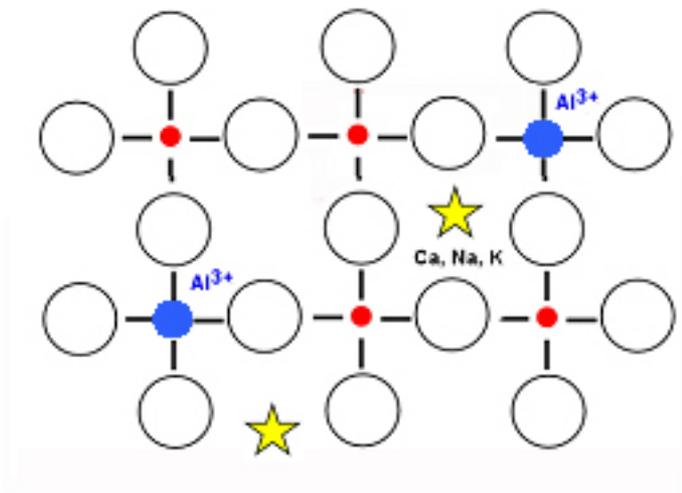
Amphibole

Action de l'eau pure

1-Dissolution des roches solubles type halite (NaCl) ou gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
→ se traduit dans les Alpes par la formation de cavités et d'entonnoirs d'effondrement (Col d'Izoard, Galibier...)

2-Hydrolyse des silicates et altération des roches magmatiques

→ Feldspaths constitués tétraèdres SiO_4 ou AlO_4 ... **2 phénomènes:**
- fixation des H^+ de l'eau sur les O des tétraèdres non équilibrés en charge
- OH^- emportent les cations K^+ , Na^+ , Ca^{2+} détruisant le réseau cristallin



Feldspaths une partie des tétraèdres sont des AlO_4 → valence neutralisée par Ca, Na ou K

Action de l'eau pure

1-Dissolution des roches solubles type halite (NaCl) ou gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
→ se traduit dans les Alpes par la formation de cavités et d'entonnoirs d'effondrement (Col d'Izoard, Galibier...)

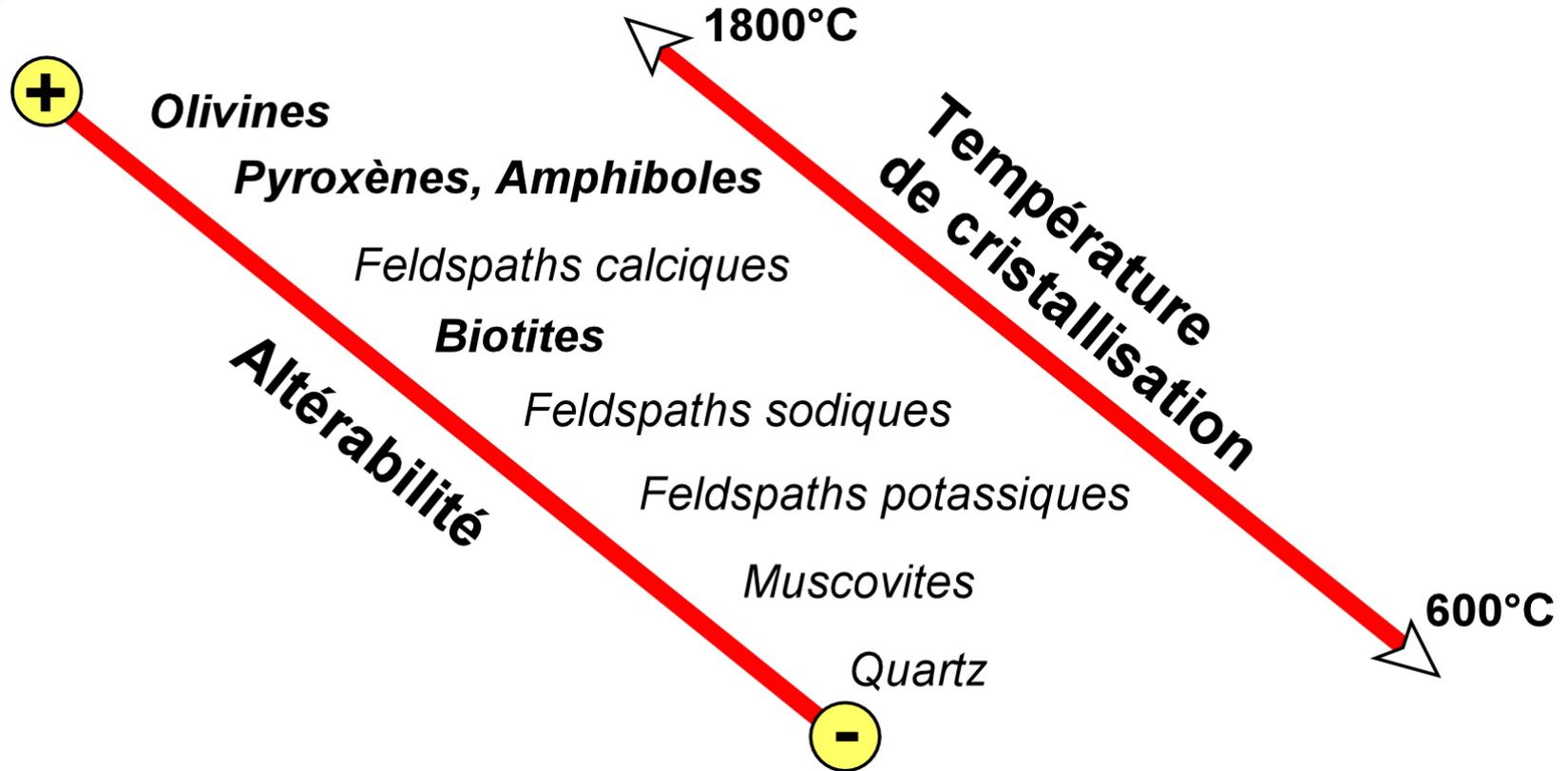
2-Hydrolyse des silicates et altération des roches magmatiques

→ Feldspaths constitués tétraèdres SiO_4 ou AlO_4 ... **2 phénomènes:**
-fixation des H^+ de l'eau sur les O des tétraèdres non équilibrés en charge
- OH^- emportent les cations K^+ , Na^+ , Ca^{2+} détruisant le réseau cristallin

→ Hydrolyse contrôlée par différents facteurs :

- physico-chimiques externes:** concentration SiO_2 ; pH; T° (cinétique); vitesse de circulation de l'eau...
- facteurs internes**, propriétés intrinsèques du minéral. Action de l'eau d'autant plus efficace que le minéral s'est formé à Haute Température (métastabilité).

Degré d'altérabilité **inverse** de l'apparition des minéraux magmatiques
→ *lié à la métastabilité des minéraux*



→ Altération des silicates aboutie à la formation d'argile (phyllosilicates)

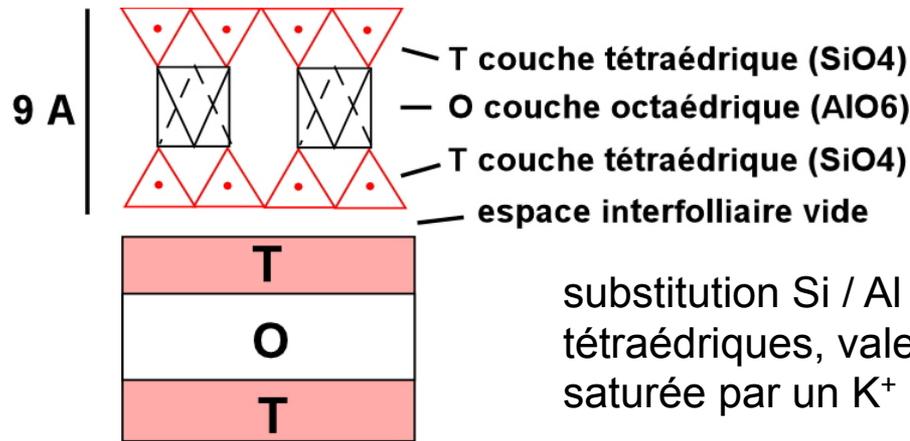
géologie générale - Action chimique de l'eau

Famille des PHYLLOSILICATES

Tétraèdre en feuillets → **Micas et Argiles**

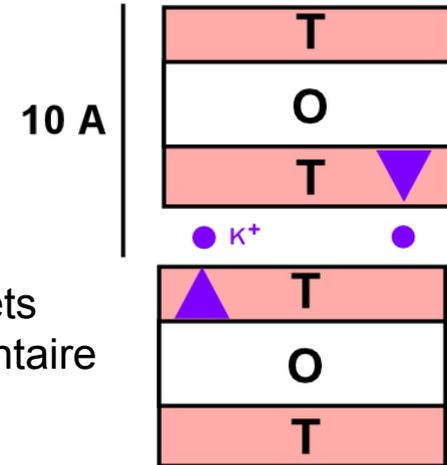
Structure d'un feuillet

- en plan : n chaînes ou rubans parallèles (cf amphiboles)
- en coupe : 2 couches tétraédriques (T) encadrant une couche d'octaèdre (O)

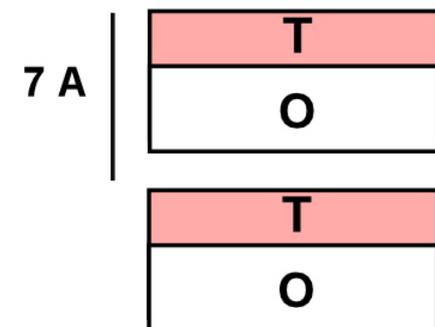
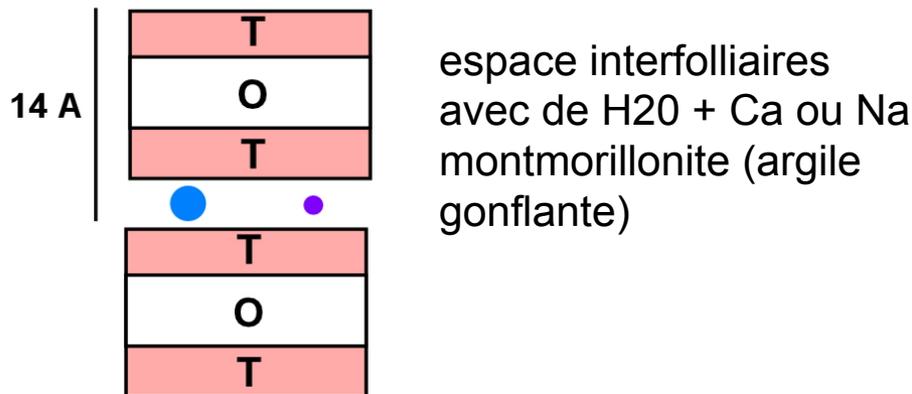


substitution Si / Al dans les feuillets tétraédriques, valence supplémentaire saturée par un K⁺

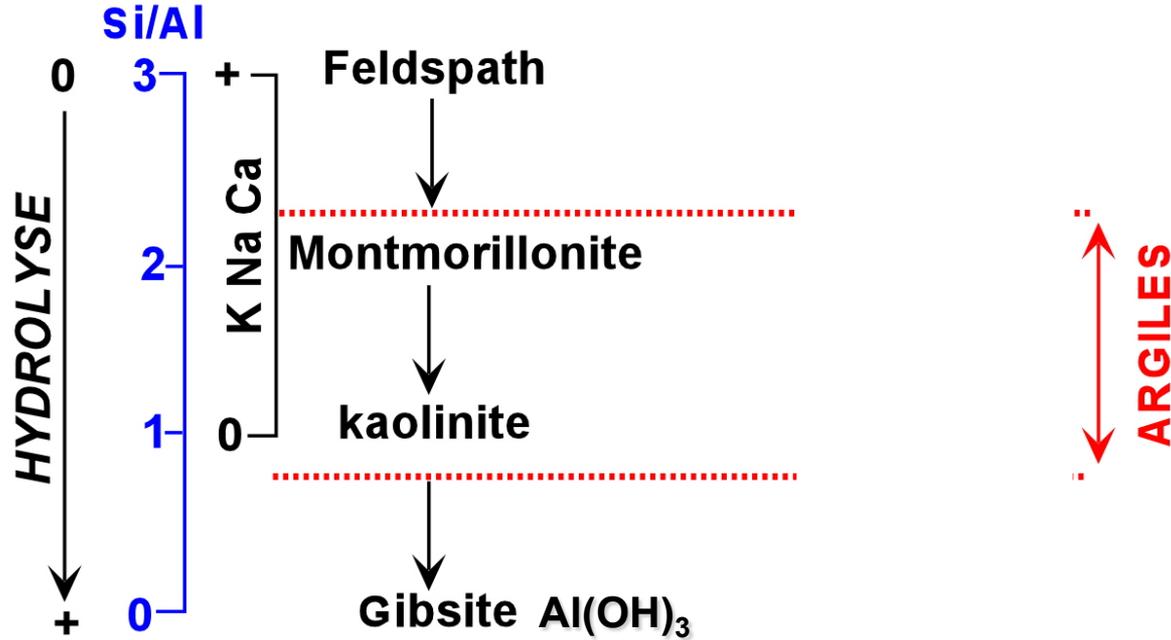
Feuillets TOT libres → Talc



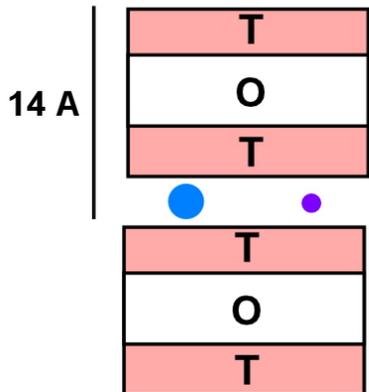
Feuillets TOT fixés → Micas



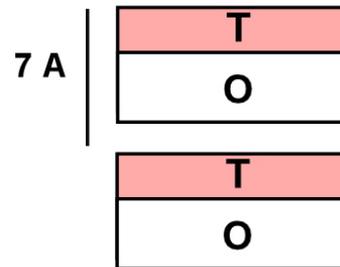
Feuillets minces TO → kaolinite



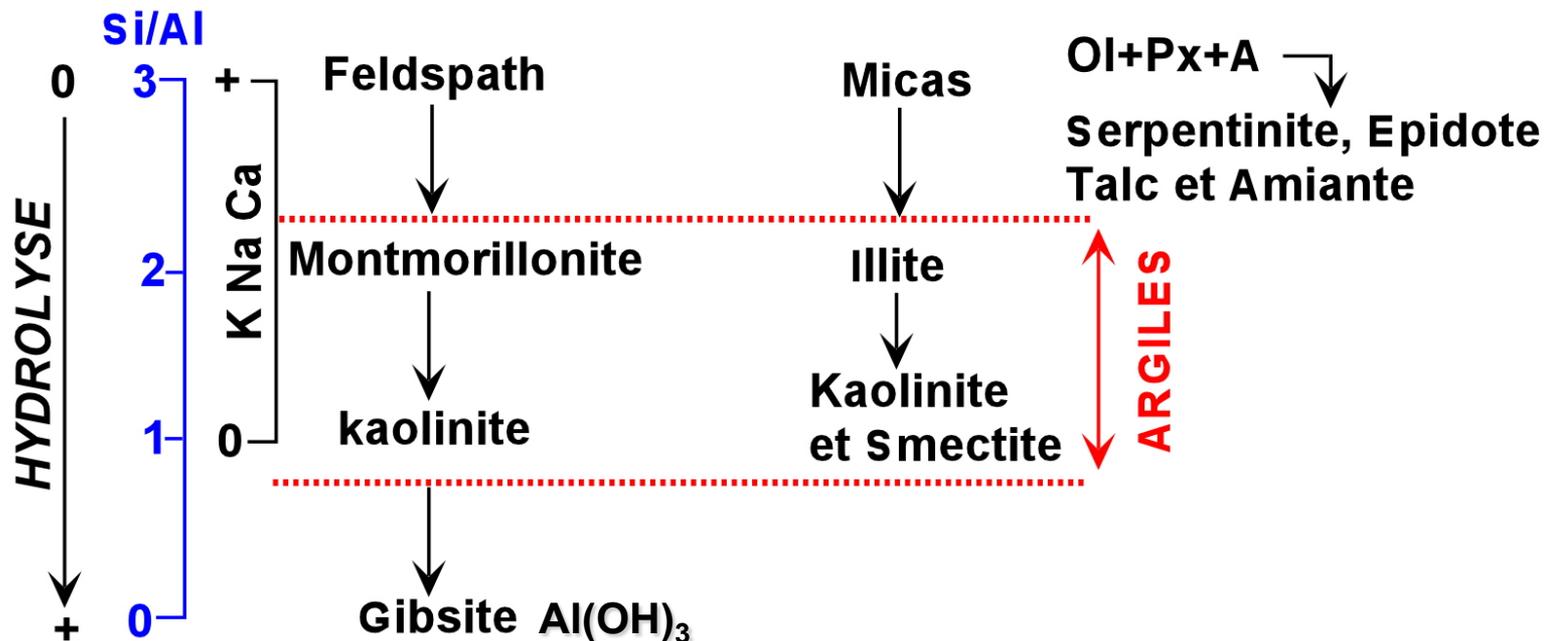
hydroxide d'Al
minéral des latérites,
et des bauxites (FeO)



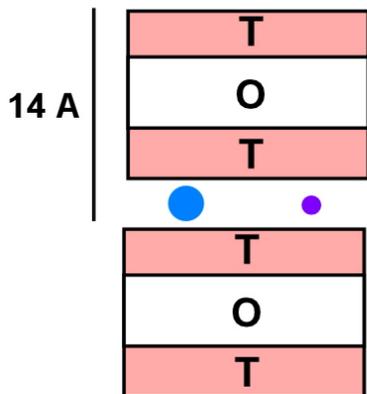
espace interfoliaire
avec de H_2O + (Ca ou Na)
→ *montmorillonite*
(argile gonflante)



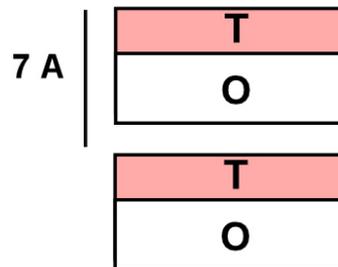
Feuillets minces TO
→ *kaolinite*



hydroxide d'Al
minéral des latérites,
et des bauxites (FeO)



espace interfoliaire
avec de H_2O + (Ca ou Na)
→ *montmorillonite*
(argile gonflante)



Feuillets minces TO
→ *kaolinite*

Altération « en boules » d'un granite → **arène granitique**

Principaux minéraux :

quartz, feldspaths, biotite, amphibole



Minéraux les moins stables sont hydroxylés les premiers = **ferro-magnésiens** : **biotite, amphibole**
puis les **feldspaths Ca, Na et K** → libération d'ions +/- lessivés suivant le drainage
→ Les élts qui restent se recombinent pour former la Kaolinite (silicate d'alumine) (néoformé).

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

→1. L'eau sur Terre et ses propriétés

→2. Action chimique de l'eau

→ 2-1. Action de l'eau pure (dissolution et hydrolyse)

→ 2-2. Action de l'eau contenant des gaz dissous

Action de l'eau contenant des gaz dissous

1 - Oxydation par l'oxygène (atmosphère et eaux de ruissellement)

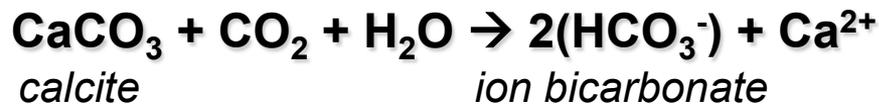
→ Oxydation responsable de la patine des roches.

En profondeur les roches sont sombres (présence de Fe²⁺ gris bleu et de C organique noir).
Par oxydation Fe²⁺ → Fe³⁺, coloration rouge hématite (Fe(III)₂O₃) ou ocre de la limonite (hydroxydes de fer, type FeO-OH, n H₂O).

En revanche, le C est oxydé donnant une patine claire.

2 - Eaux chargées de CO₂ (érosion des calcaires)

→ CO₂ atmosphérique très soluble dans l'eau, se comporte comme un acide vis-à-vis du CaCO₃ et permet sa dissolution suivant la réaction :



calcaire = résistant à l'érosion mécanique mais très sensible à la dissolution

→ formation de systèmes karstiques dans les régions calcaire



Région au relief karstique =

Problème **d'alimentation en eau** : rareté des écoulements, risque de pollution des résurgences (peu ou pas de filtration)...

Conditions de développement d'un karst :



- **couche épaisse de calcaire « pur »** :
> 90% de CaCO_3
(pauvre en argiles qui sont insolubles)
- **eaux froides** car + riche en CO_2
- **eaux sous pression** car + CO_2 dissout

A l'inverse, les eaux karstiques, chargées en bicarbonate de Ca, **précipitent le calcaire** sous forme :

- de concrétions (*stalactites*), quand augmentation de T° ou diminution de P
- de *travertins*, aux émergences des sources à cause de l'activité biologique qui absorbe le CO_2 et précipite le CaCO_3 (+ dim. P et aug. T°)...

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

→1. L'eau sur Terre et ses propriétés

→2. Action chimique de l'eau

→ 2-1. Action de l'eau pure (dissolution et hydrolyse)

→ 2-2. Action de l'eau contenant des gaz dissous

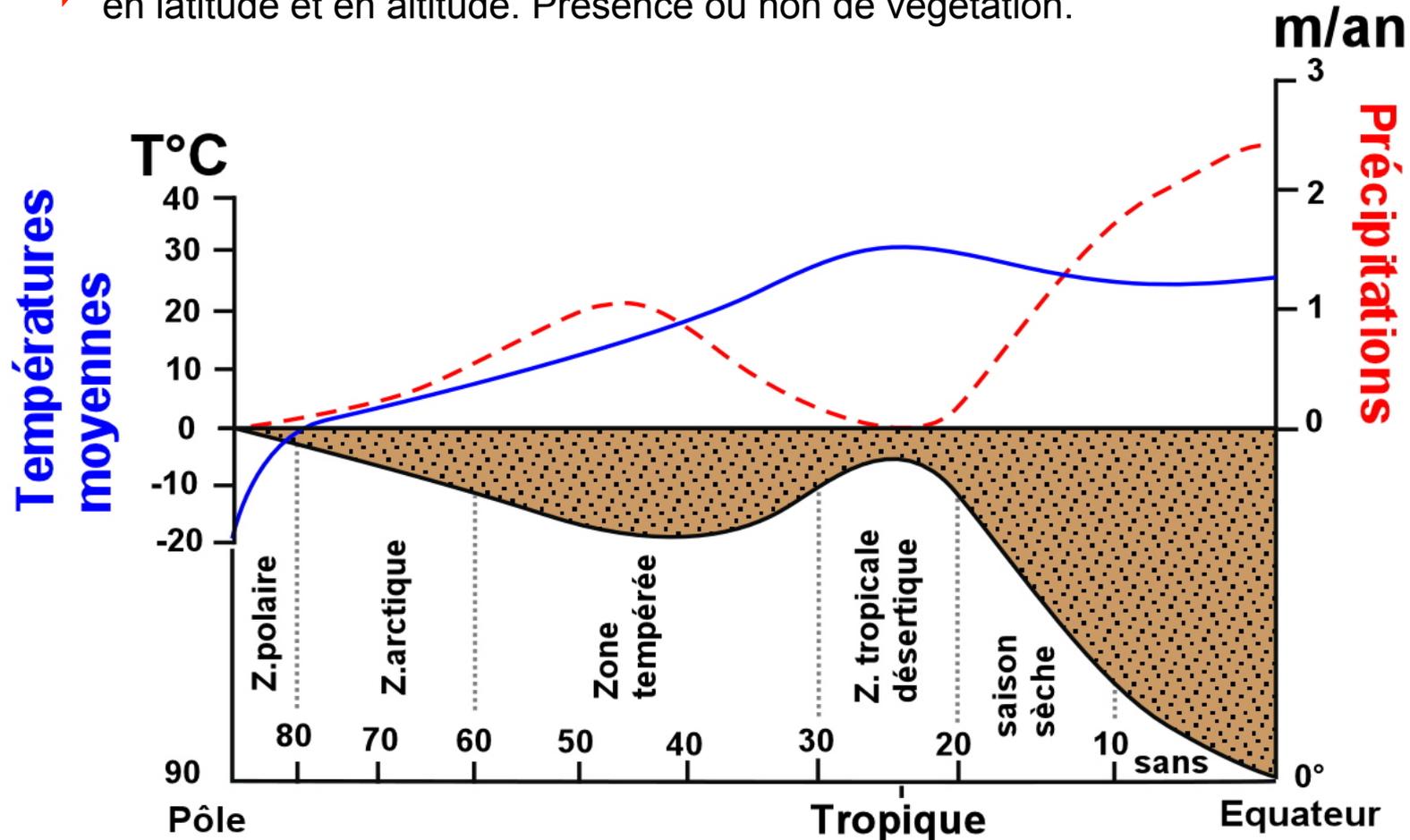
→ 2-3. Conséquences de l'altération

Conséquences de l'altération

Vitesse des processus d'altération dépend des conditions climatiques

- quantité de précipitations
- température

➔ La profondeur moyenne d'altération des roches est fonction de la zonation climatique en latitude et en altitude. Présence ou non de végétation.



Conséquences de l'altération

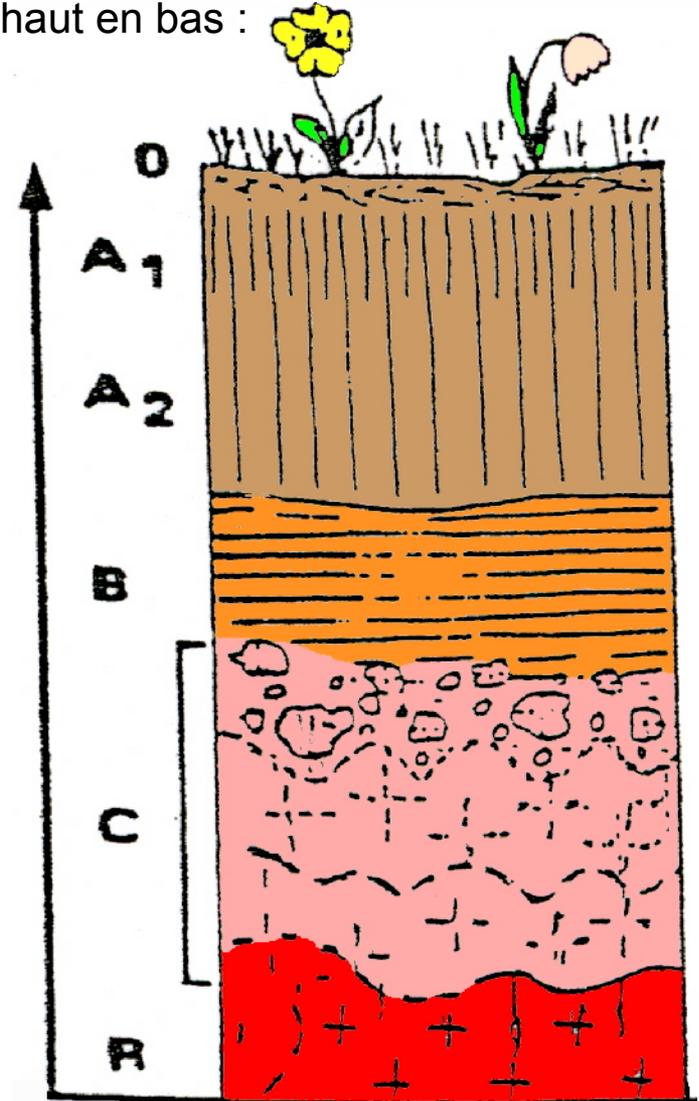
Processus d'altération permet de générer un **sol** comportant un certain nombre d'horizons d'épaisseur variable. On peut distinguer de haut en bas :

- ➔ horizon **A** de **lessivage** (avec ou sans matière organique)

- ➔ horizon **B** d'accumulation de **minéraux hérités** (quartz) **ou néoformés** (argiles et hydroxydes) zone de battement de la nappe
 - ➔ *Altérite soustractive (lessivage)*
 - ➔ *Altérite additive (imprégnations)* : formation de croûte indurée siliceuse ou calcaire

- ➔ Horizon **C** fissuré présentant une **forte altération** (ex. arène granitique)

- R** représente la **roche mère** (ex. granite)



V. Erosion et altération des roches

→ **1. L'eau sur Terre et ses propriétés**

→ **2. Action chimique de l'eau**

→ **3. Action mécanique de l'eau**

→ **4. Constitution d'un système fluvial**

→ **5. Erosion glaciaire**

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

→1. L'eau sur Terre et ses propriétés

→2. Action chimique de l'eau

→3. Action mécanique de l'eau

→ 3-1. Rôle statique

Action mécanique de l'eau

➔ Double rôle de l'eau : **statique** (masse et volume) et **dynamique** (énergie liée au mouvement)

Rôle statique

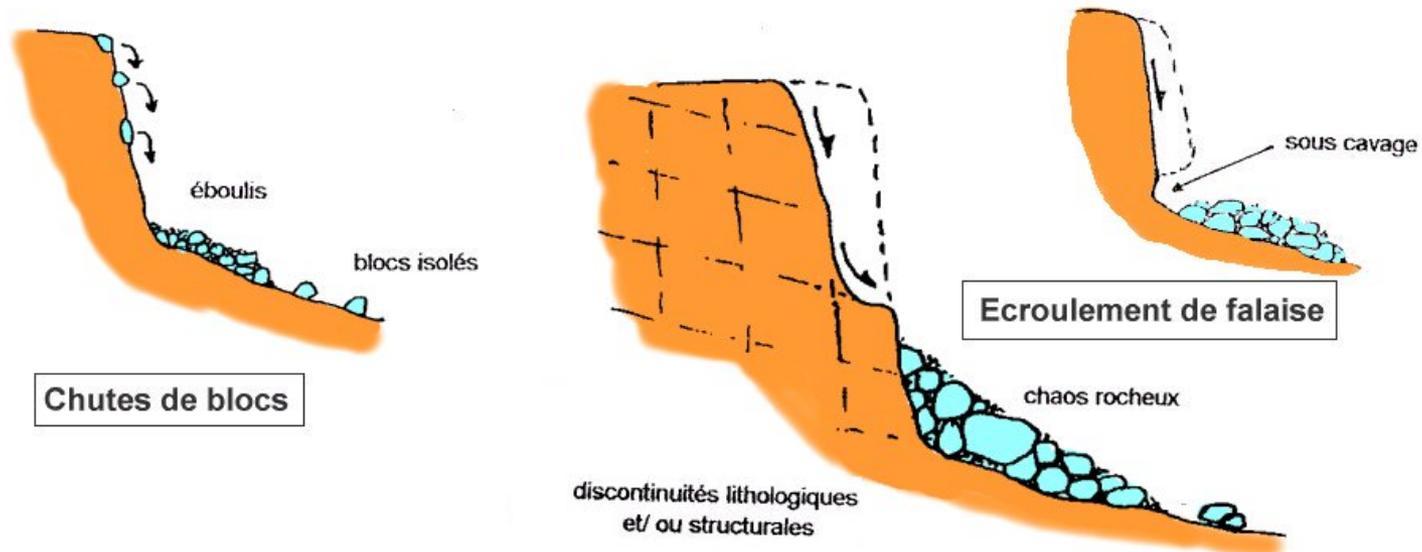
1- effet de masse, imprégnation d'eau dans des formations meubles, poreuses mais peu perméables (calcaires, alluvions argileuses, moraines...)

→ création d'instabilités gravitaires par simple surcharge

2- effet de volume, lié au gel de l'eau imprégnée dans les fissures des roches (gélifraction)

→ forme en grande partie les éboulis au pied des versants montagneux.

Egalement lié à la dilatation / rétraction des roches soumises à de grands écarts de température (climats désertiques)



géologie générale – Action mécanique de l'eau



***Eboulements
actifs → cône
de déjection***



***cônes de
déjection***

Rôle statique de l'eau dominant

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

→1. L'eau sur Terre et ses propriétés

→2. Action chimique de l'eau

→3. Action mécanique de l'eau

→ 3-1. Rôle statique

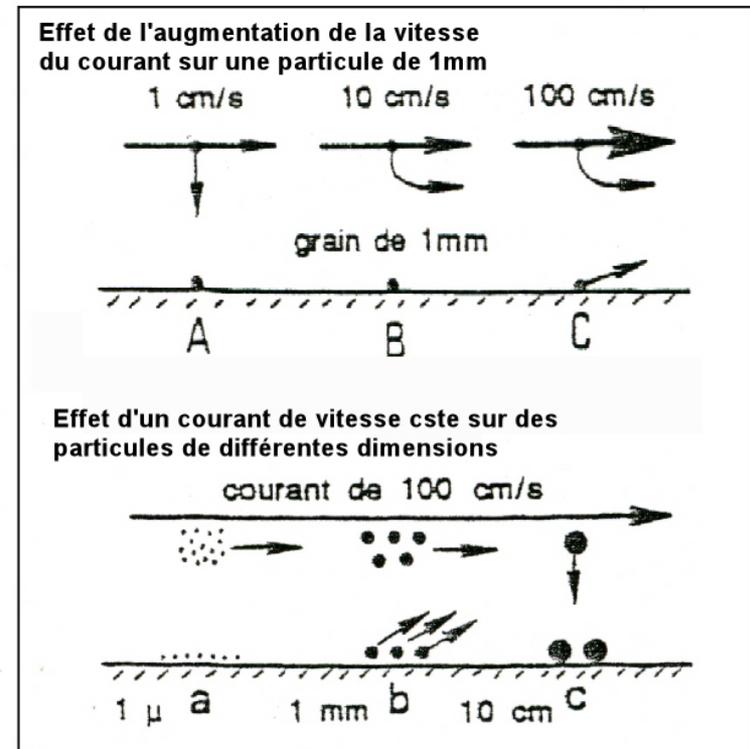
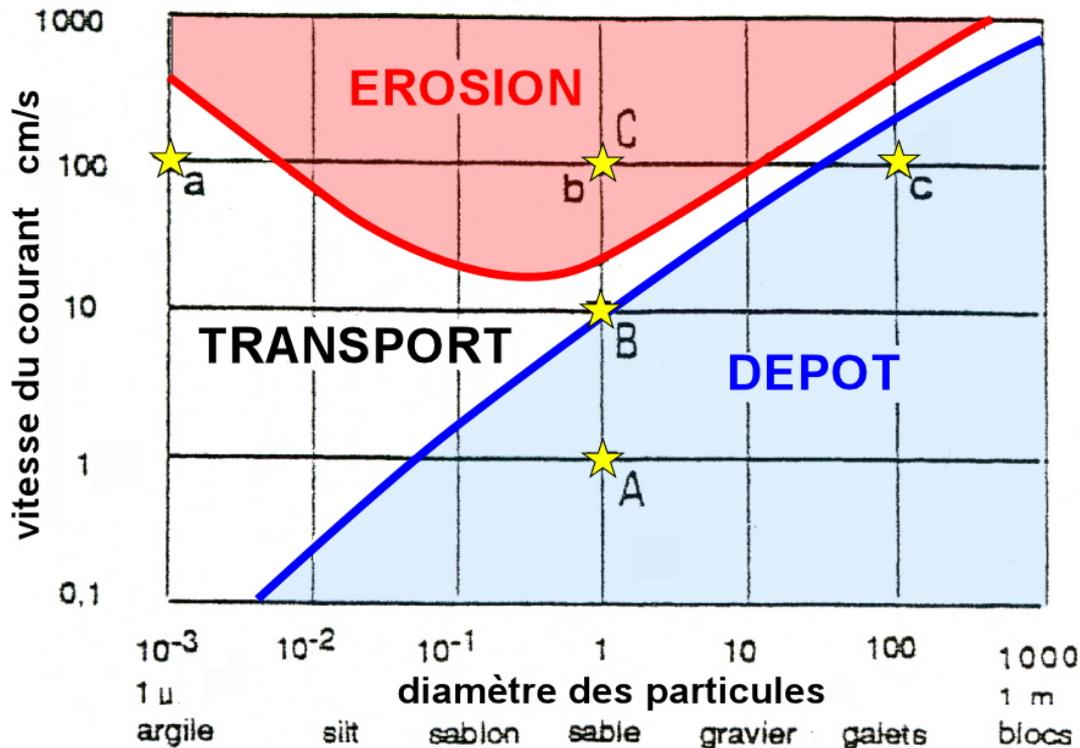
→ 3-2. Rôle dynamique

Rôle dynamique

Action des eaux en mouvement sur les particules minérales issues des processus de fragmentation et/ou d'altération → **3 possibilités :**

- enlèvement (érosion)
- transport par saltation ou suspension
- dépôt sur le fond

Dépend de la taille, masse, densité, forme de la particule mais également de la vitesse et de la turbulence du courant... dans le cas de particule de silice sphérique (Hjulström) :



géologie générale – Action mécanique de l'eau

Taux d'érosion variables :

→ **de 2 à 2150 t / km² / an**

Rivières **Bassin V. Erosion**
(10⁶ km²) (t / km² / an)

EUROPE - RUSSIE

Iénisseï	2470	5
Volga	1350	16
Ob	2975	5
Amour	1843	14
Danube	0,817	83
Rhin	0,252	2
Seine	0,044	4
Loire	0,121	8
Garonne	0,052	21
Rhône	0,099	318
Po	0,075	240
Tigre	0,080	722
Tibre	0,016	352
Reno	-	1100

AMERIQUE NORD

St Laurent	1289	3
Colorado	0,637	212
Mississippi	3267	94
Yukon	0,855	103

Rivières **Bassin V. Erosion**
(10⁶ km²) (t / km² / an)

AMERIQUE SUD

Amazone	6300	79
Rio Negro	0,755	10
Orénoque	0,950	91
Parana	2783	40
AFRIQUE		
Nil	2977	39
Congo	4012	18
Niger	2092	32
Zambèze	1330	75

ASIE

Brahmapoutre	0,690	865
Gange	0,970	591
Indus	1165	450
Mékong	0,795	435
Yang Tsé Kiang	1950	490
Huang Ho (fleuve jaune)	0,745	2150

Géologie Générale

Géotech 3

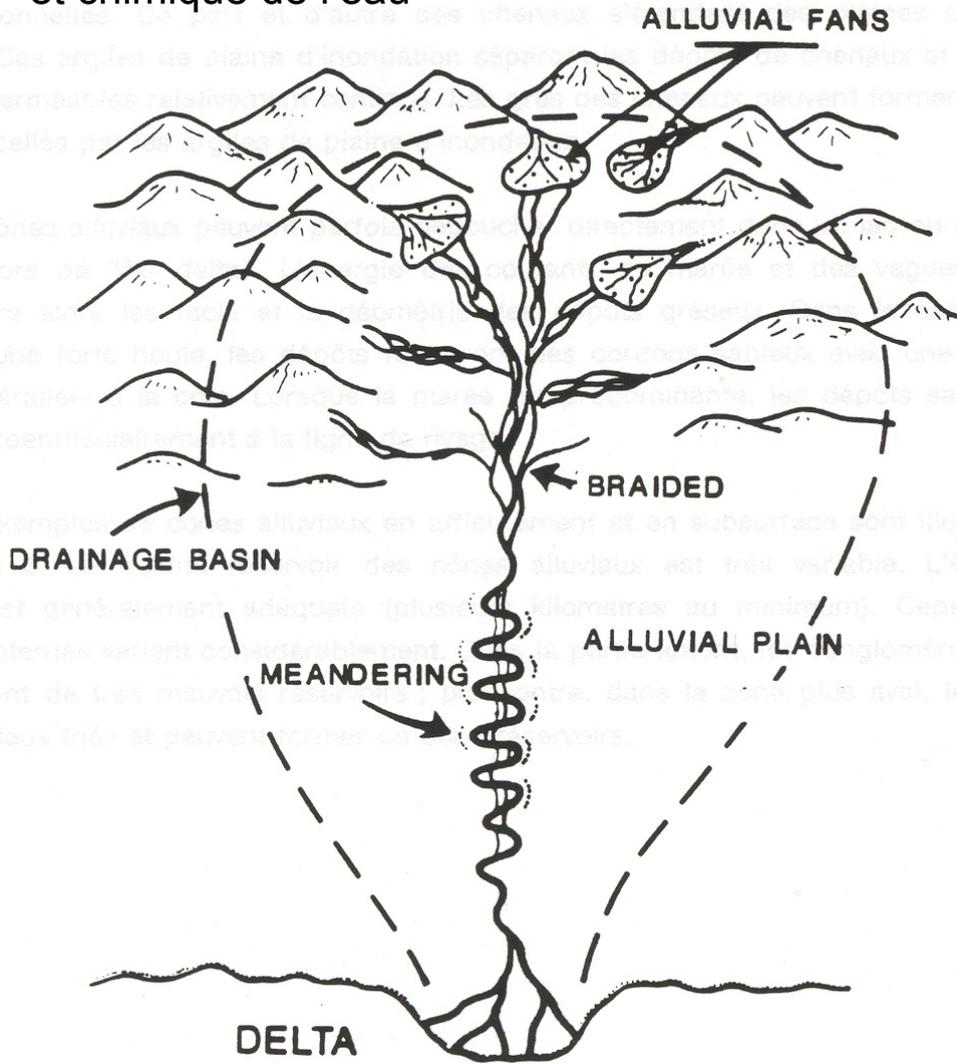
→ Partie V. Erosion et altération des roches

- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
 - 4-1. Profil d'équilibre d'une rivière**

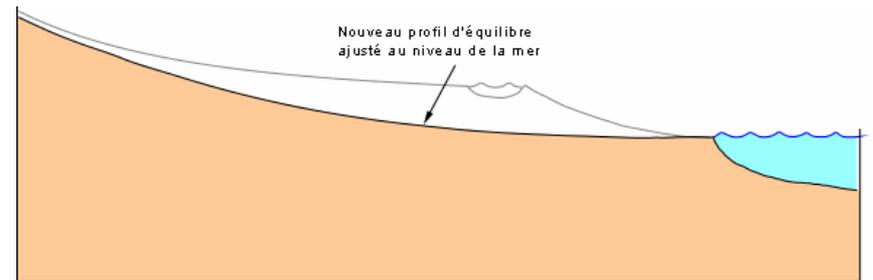
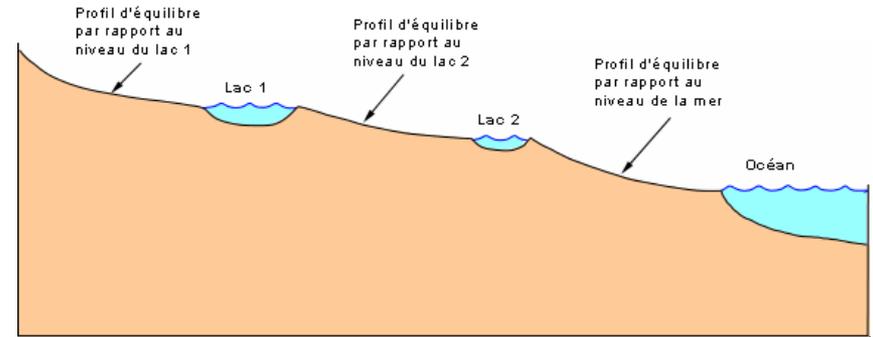
géologie générale - Constitution d'un système fluvial

Le système fluvial est la conséquence de l'action mécanique (statique et dynamique) et chimique de l'eau

→ assure le transfert de matière depuis les reliefs vers l'océan



Système érosif dynamique : contrôlé par le **profil d'équilibre** de la rivière ajusté sur le niveau de base (généralement niveau de la mer)



Au dessus du profil d'équilibre : on érode
En dessous : on dépose...

Géologie Générale

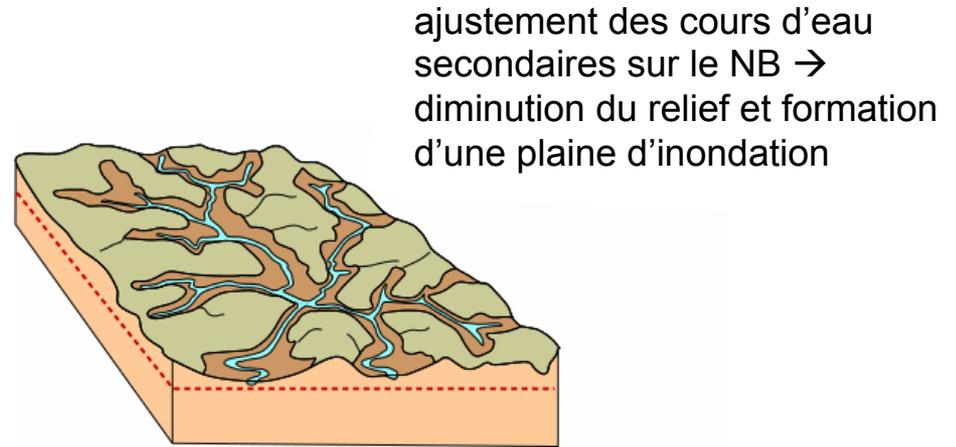
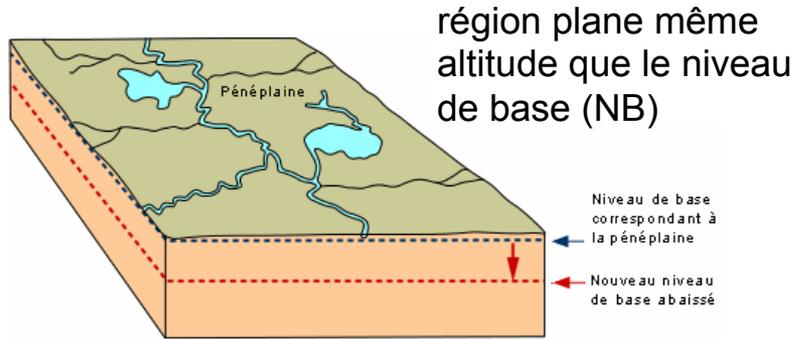
Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

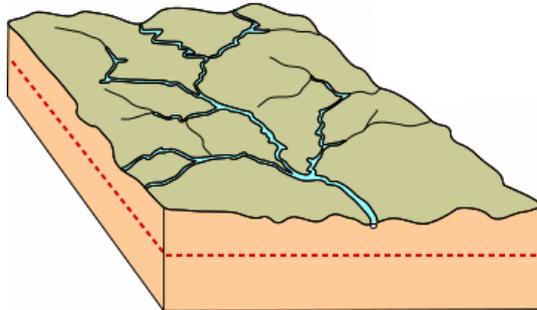
- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
 - 4-1. Profil d'équilibre d'une rivière**
 - 4-2. Variation du niveau de base**

géologie générale - Constitution d'un système fluvial

Variation du niveau de base (régression marine) >Ma **(Calotte de glace, expansion océanique)**



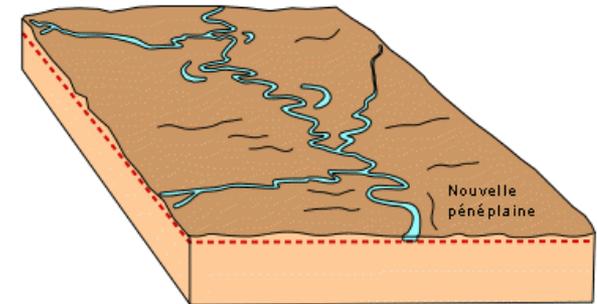
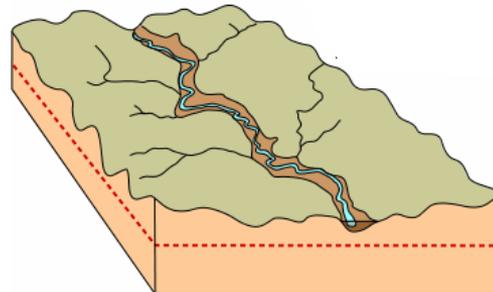
niveau de base abaissé



ravinement qui s'accroît avec le temps :

- surfaces planes disparaissent
- formation de ravines

→ relief avec cours d'eau principal ajusté sur le NB...



la région est redevenue une pénéplaine ajustée sur le NB mais avec une tranche de matériel en moins



Ex. : U.S.A.

20 km

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

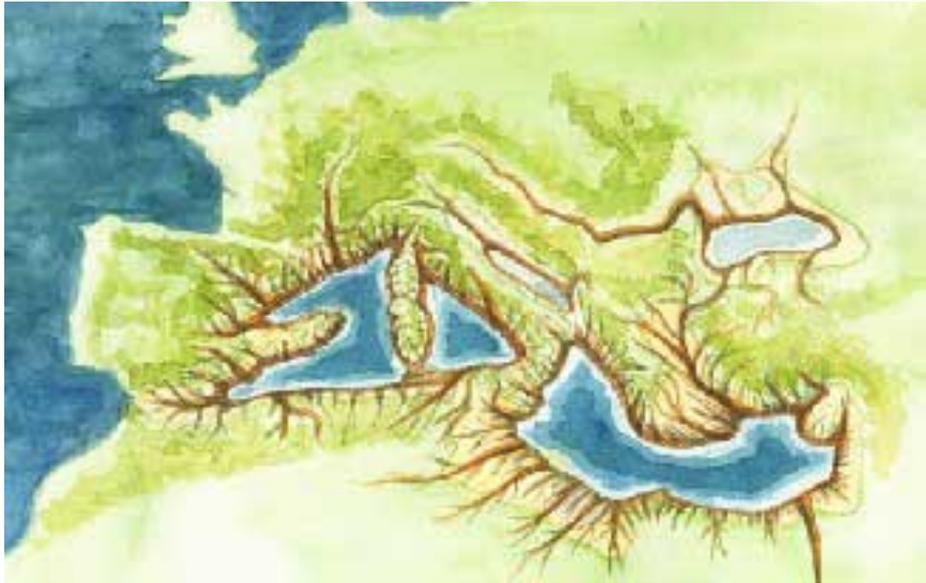
- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
 - 4-1. Profil d'équilibre d'une rivière**
 - 4-2. Variation du niveau de base**
 - 4-3. Exemple de la crise Messinienne**

géologie générale - Constitution d'un système fluvial

Exemple de la crise de salinité Messinienne

Méditerranée s'est évaporée il y a 5,6 Ma (Miocène sup) suite au rapprochement de l'Afrique et de l'Eurasie → communication entre l'Atlantique et la méditerranée interrompue (300.000 ans)

Abaissement du niveau marin de 1500m → incision de la marge continentale, formation de canyons et de réseau karstique...



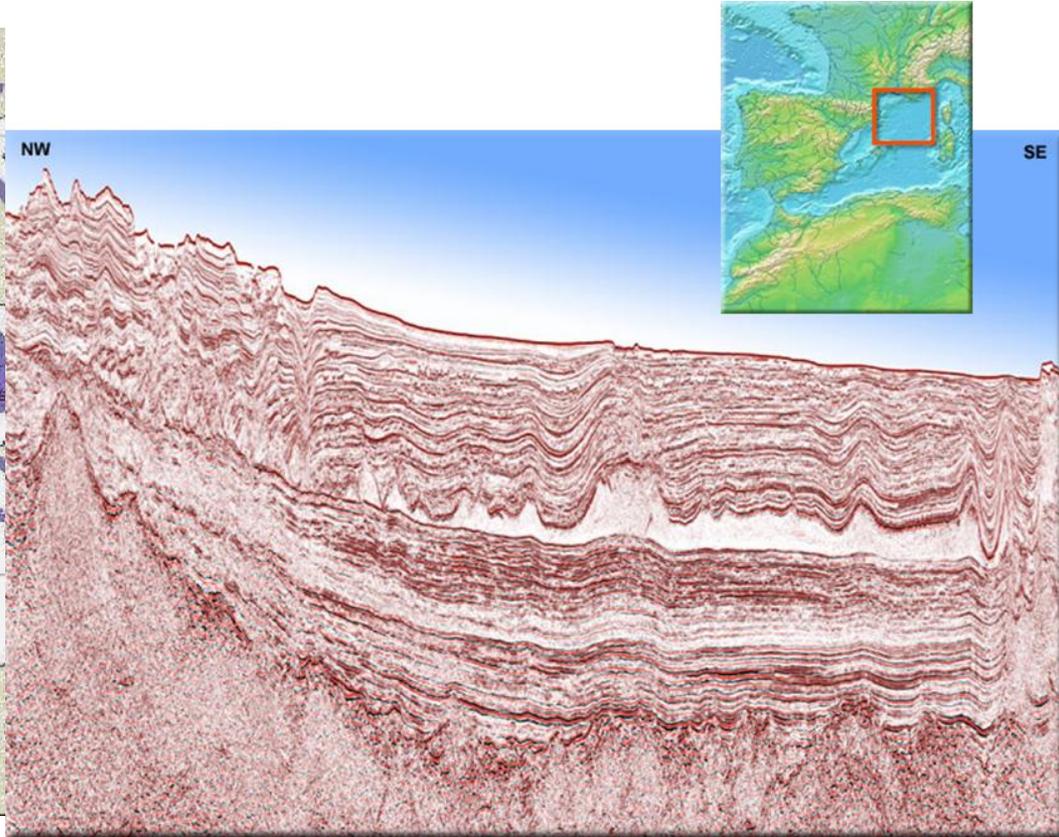
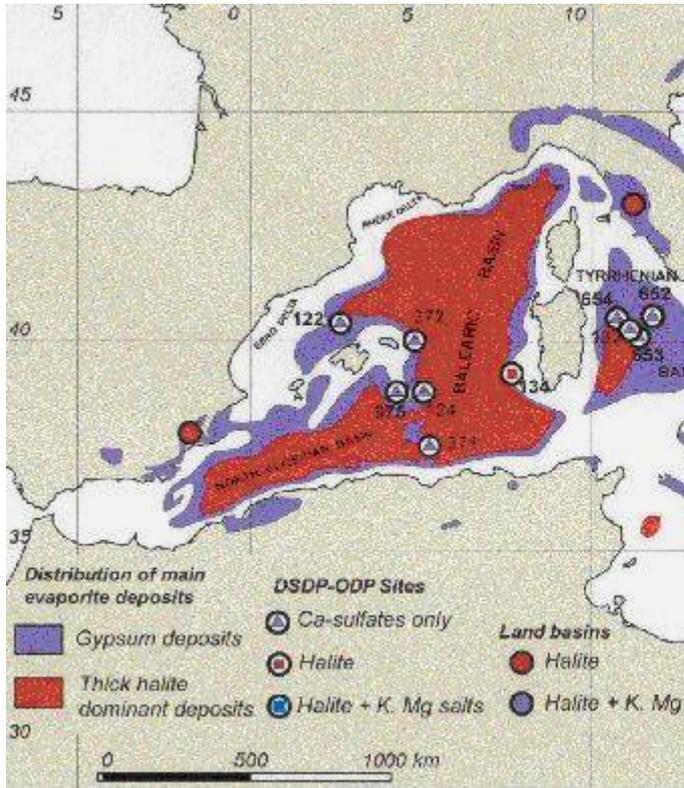
→ Volume de sédiment arraché à la plateforme continentale = à un arasement moyen de 500m!

géologie générale - Constitution d'un système fluvial

Exemple de la crise de salinité Messinienne

Méditerranée s'est évaporée il y a 5,6 Ma (Miocène sup) suite au rapprochement de l'Afrique et de l'Eurasie → communication entre l'Atlantique et la méditerranée interrompue (300.000 ans)....

Abaissement du niveau marin de 1500m → incision de la marge continentale, formation de canyons et de réseau karstique...

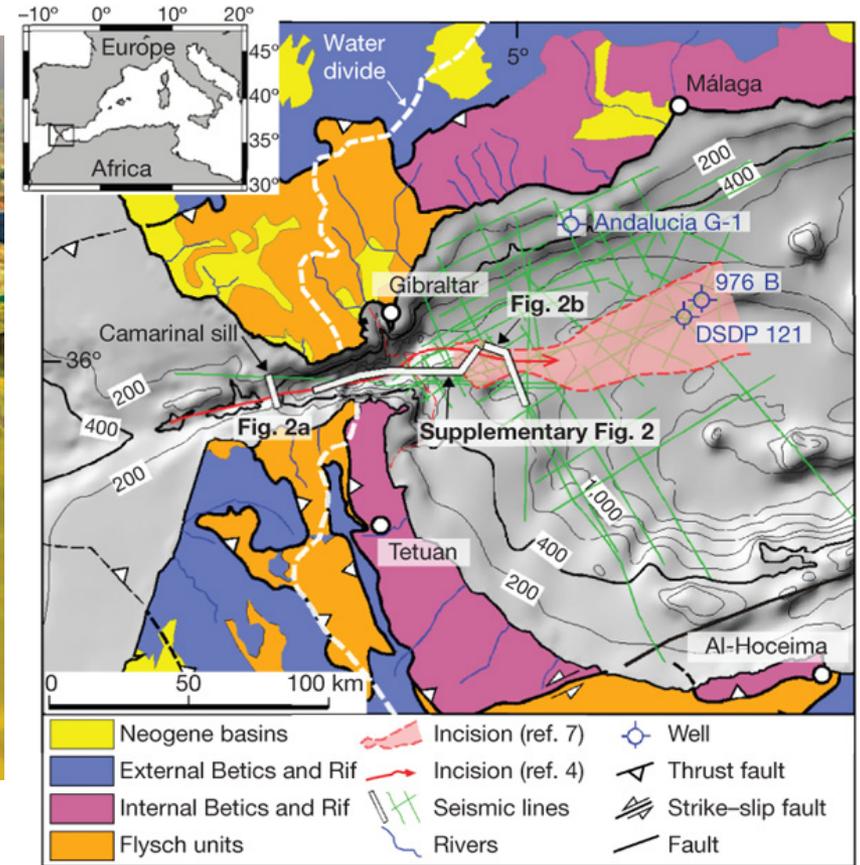
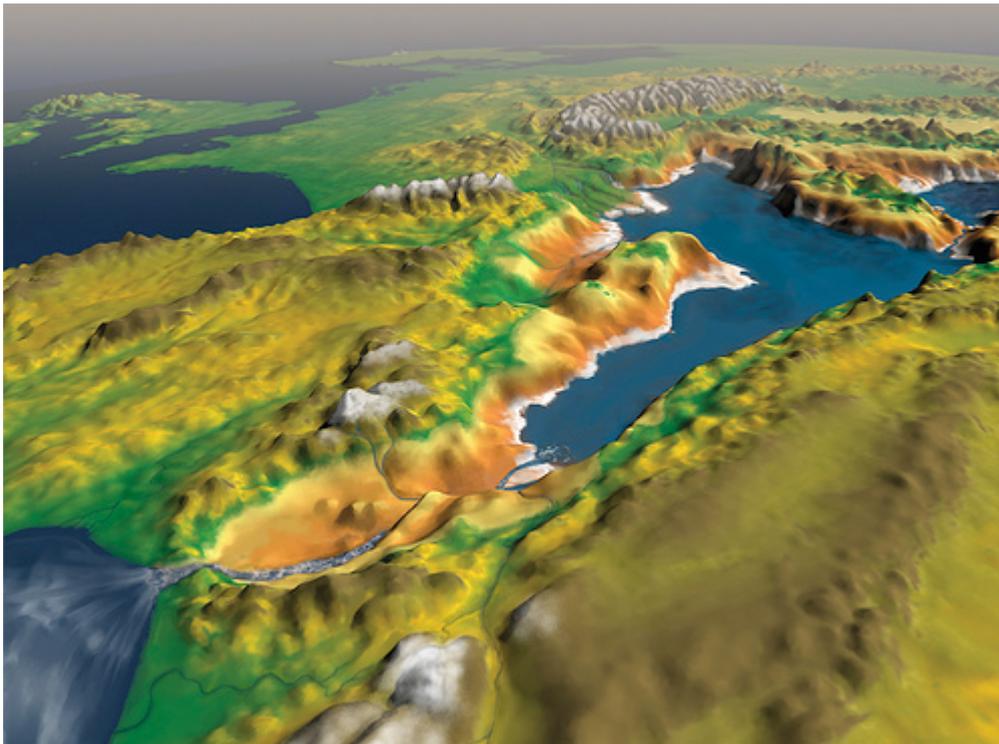


Dépôts d'évaporite sur 1500 à 3000m d'épaisseur (1 Méditerranée =30m de sel évaporation de 40 à 100 Méditerranées!!)

géologie générale - Constitution d'un système fluvial

Exemple de la crise de salinité Messinienne

A 5.33Ma ouverture dans le détroit de Gibraltar la Méditerranée se remplit en moins de 2 ans (montée de 10m par jour du niveau marin!!)
→ Débit 1000 fois supérieur au débit de l'Amazone



Géologie Générale

Géotech 3

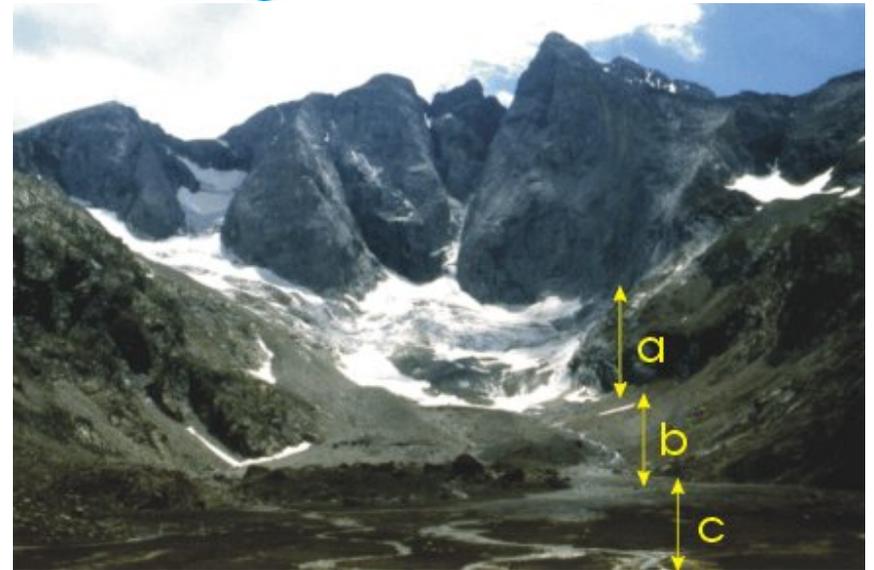
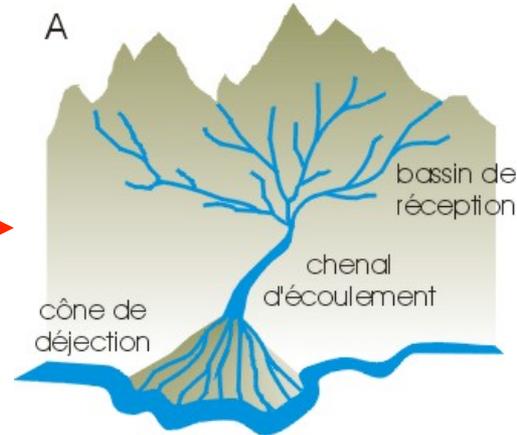
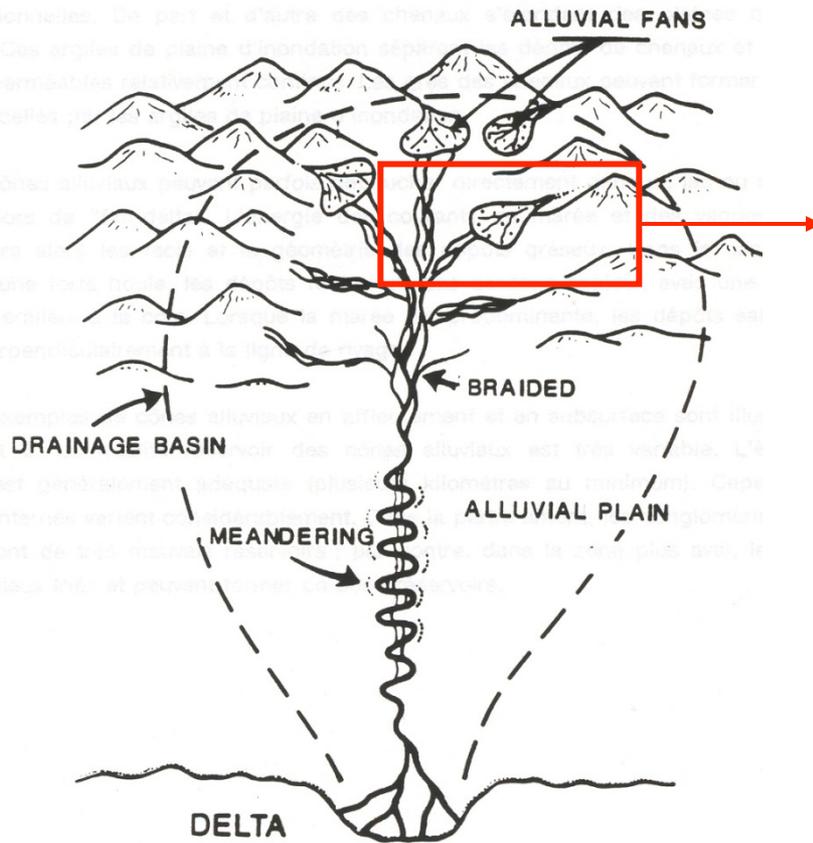
→ Partie V. Erosion et altération des roches

- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
 - 4-1. Profil d'équilibre d'une rivière**
 - 4-2. Variation du niveau de base**
 - 4-3. Exemple de la crise Messinienne**
 - 4-4. Les différentes morphologies fluviales**

géologie générale - Constitution d'un système fluvial

conséquence de l'action mécanique de l'eau

Constitution d'un système fluvial → géométrie dépend du gradient topographique...

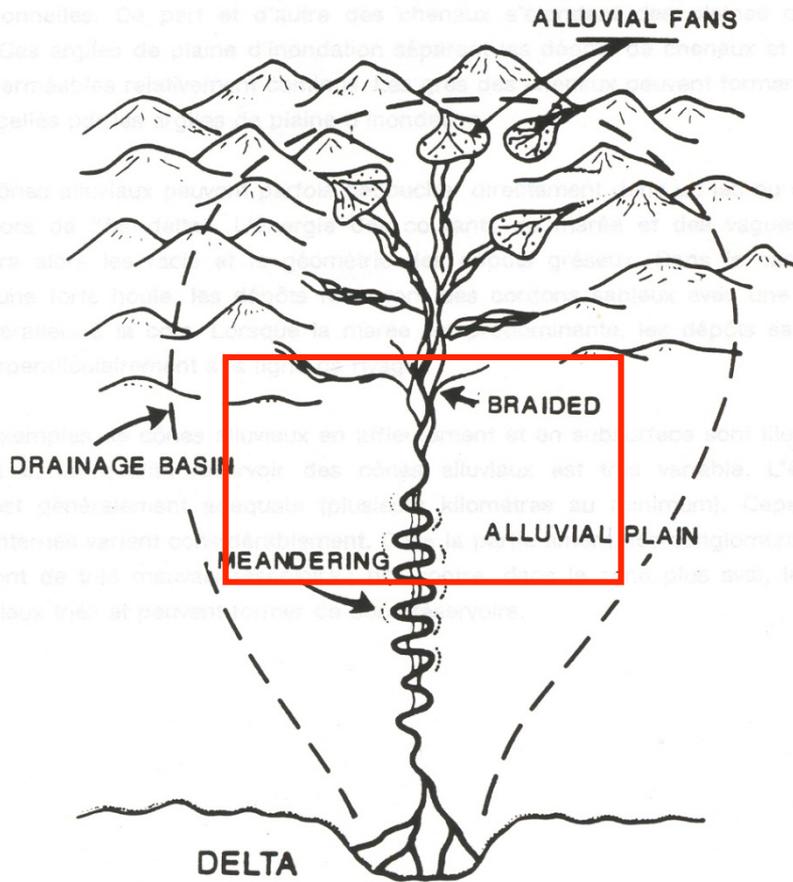


Les composantes de la partie amont d'un système fluvial

a : bassin de réception = glacier

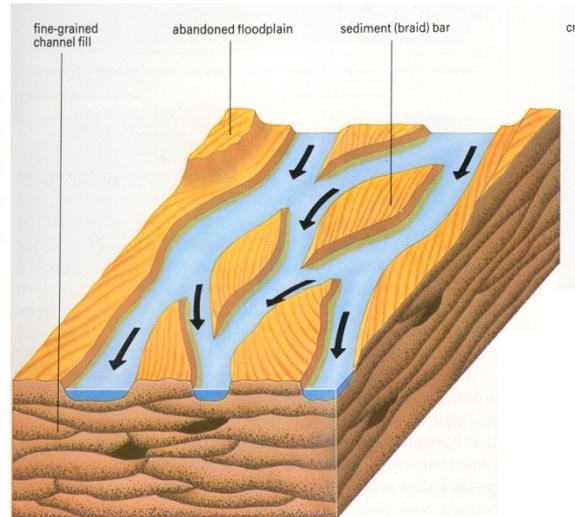
b : torrent glaciaire

c : plaine d'épandage avec chenaux en tresses

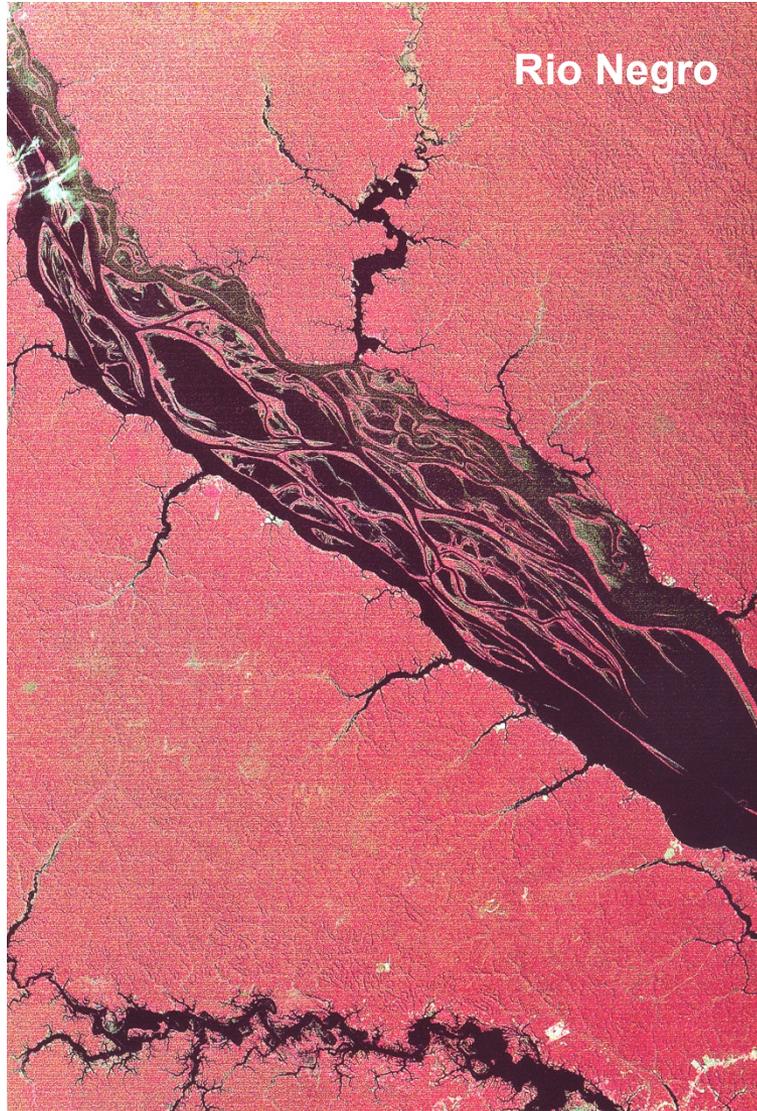


Réseau en tresse

Méandres



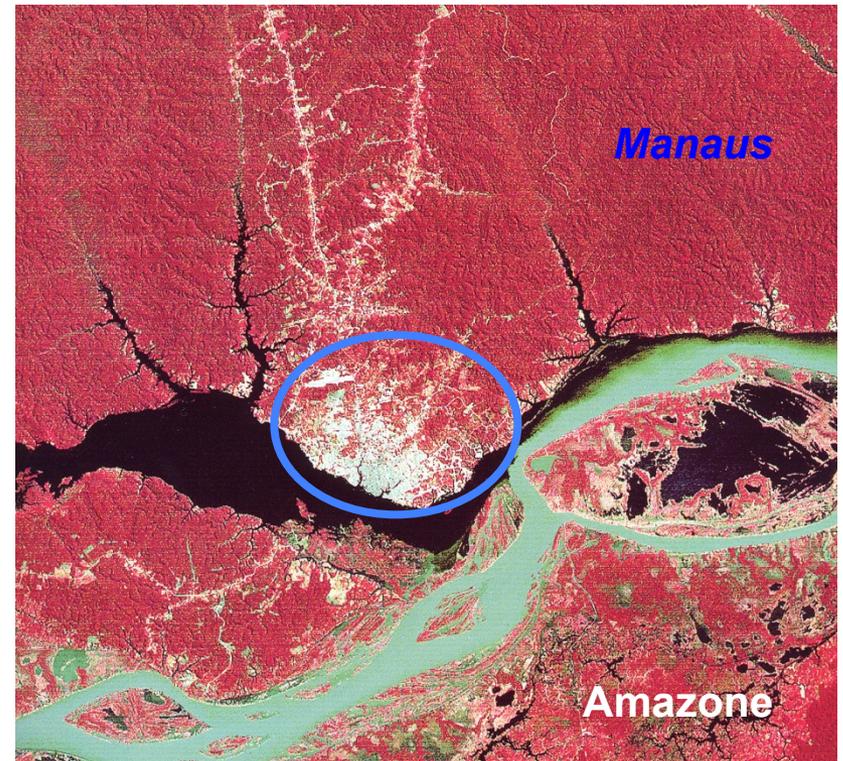
La forme du réseau dépend de la vitesse du courant ...contrôlée par la pente d'équilibre de la rivière

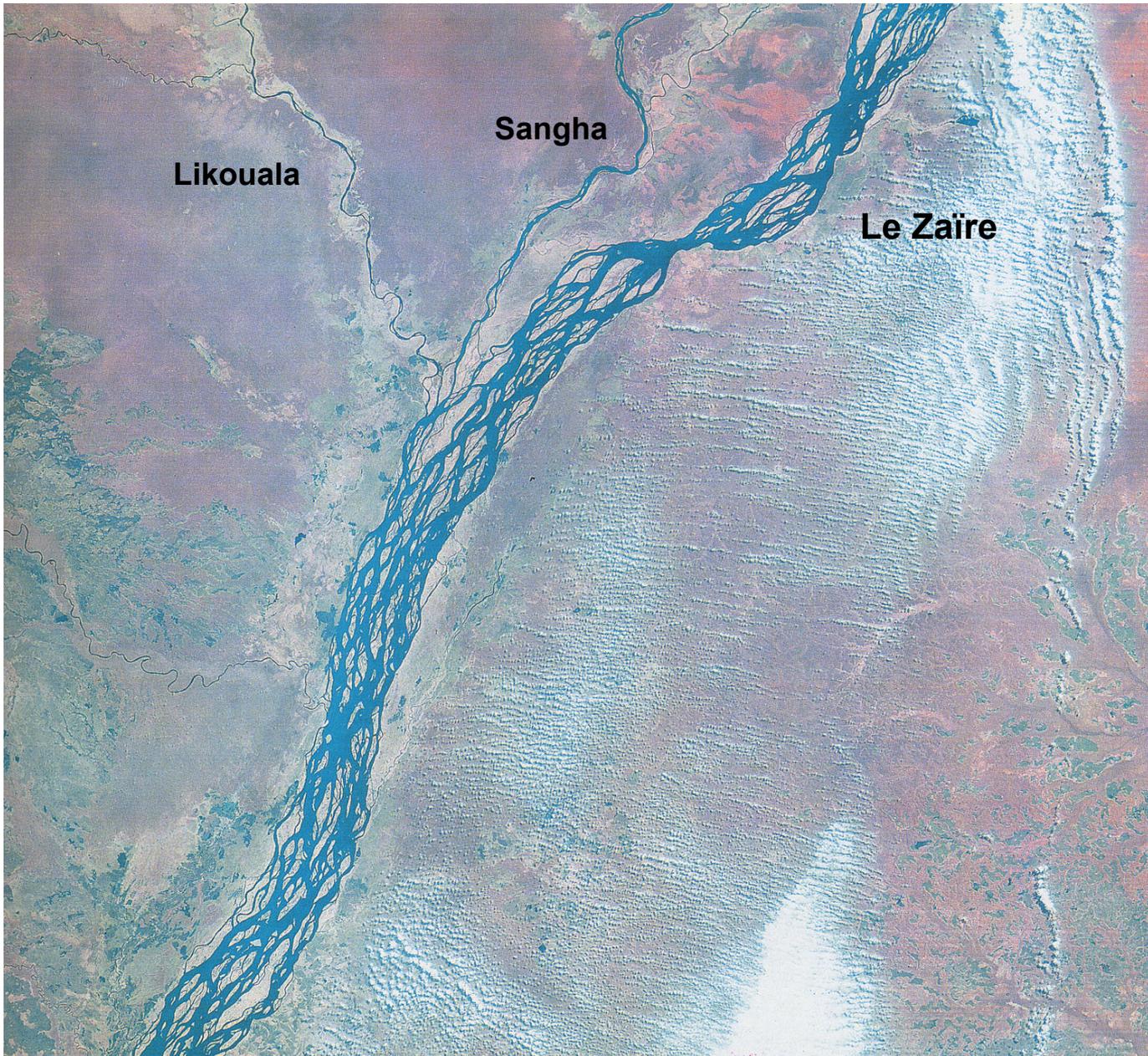


Ex. : BRESIL

Réseau en tresse du Rio Negro
et de l'Amazone

20 km

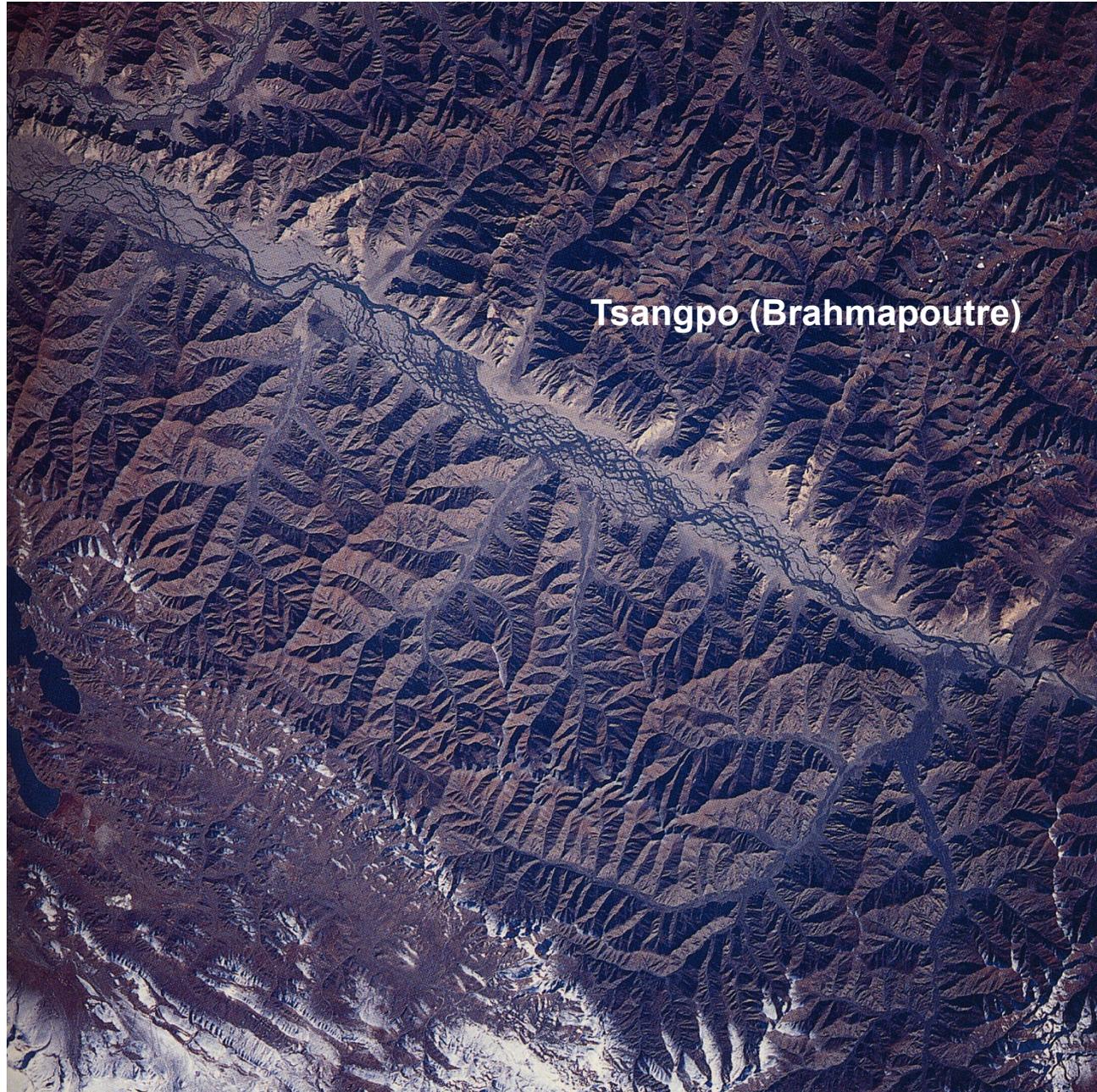




Ex. : ZAÏRE

Réseau en tresse
du fleuve Zaïre

25 km



Ex. : TIBET

Réseau en tresse
du Tsangpo

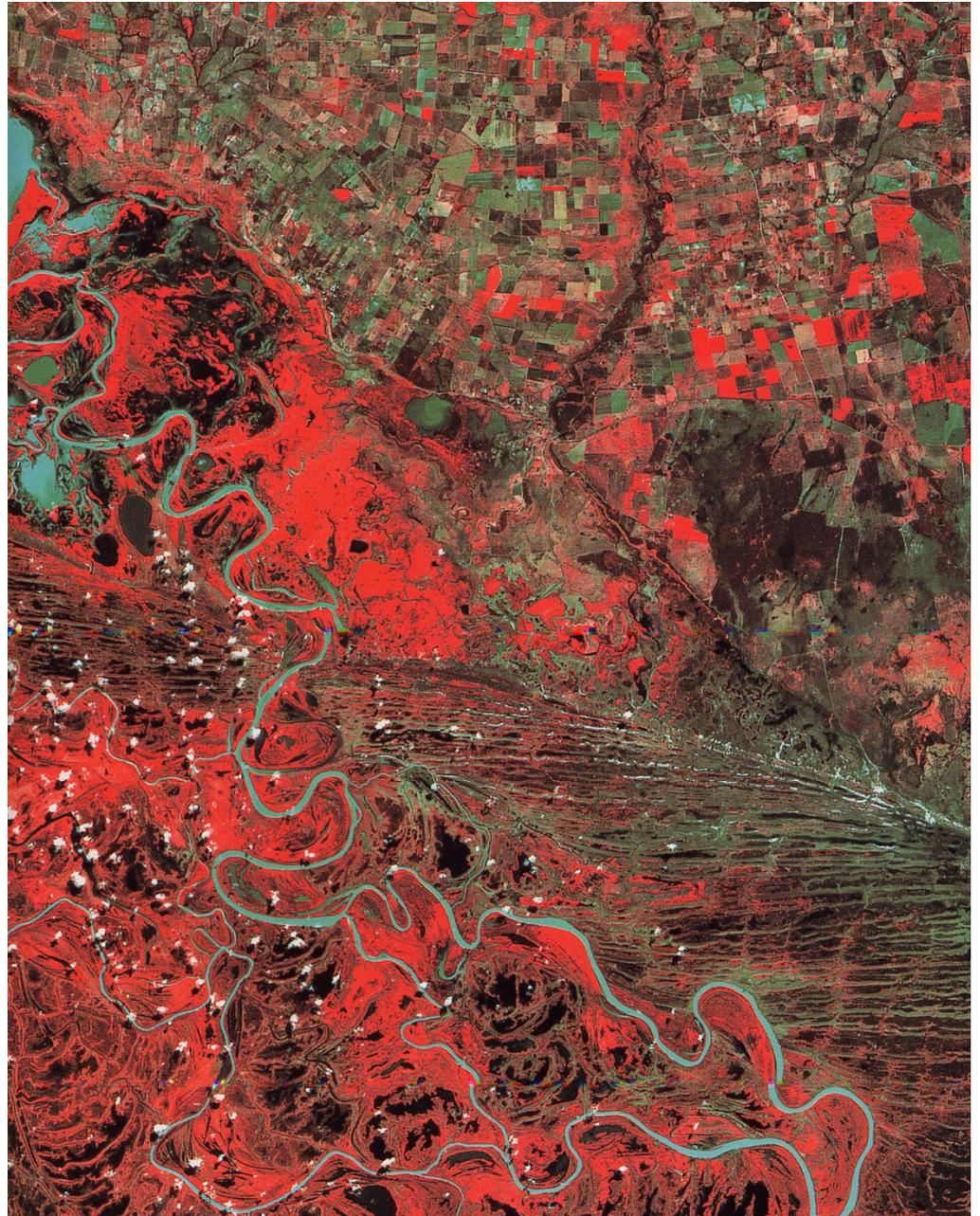
10 km

Ex. : ARGENTINE

Méandres du Parana

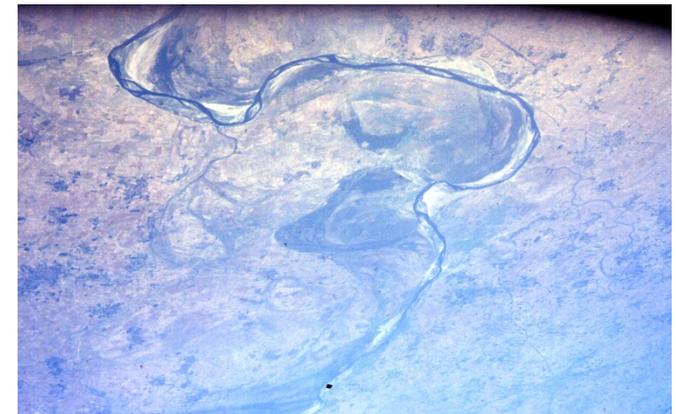
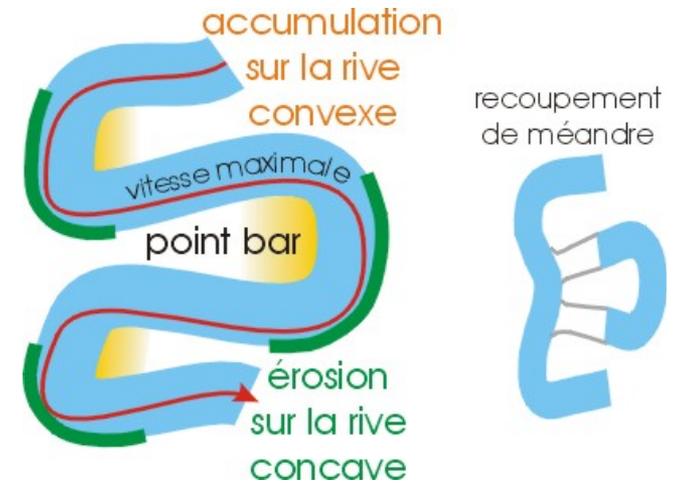
Parana

5 km



Ex. : BRESIL

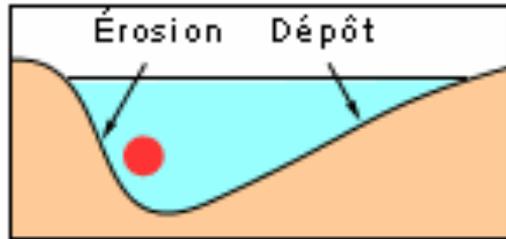
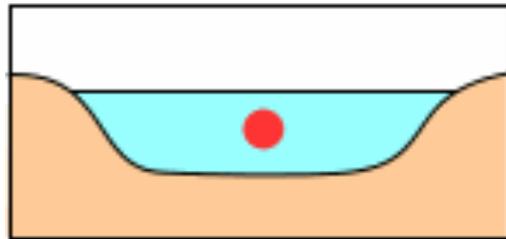
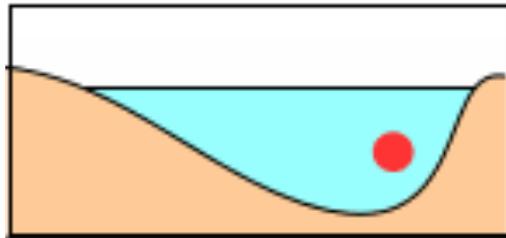
méandres



Dans le cas des méandres, la vitesse maximale de l'eau contrôle les zones de dépôt...

géologie générale - Constitution d'un système fluvial

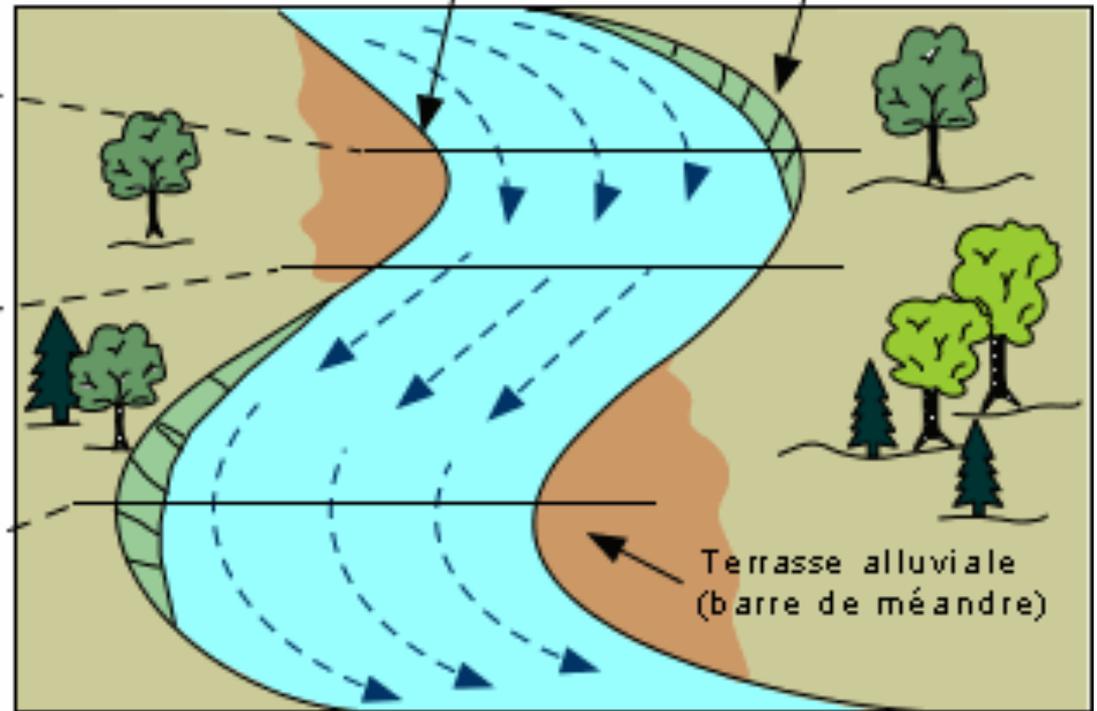
PROFILS



● Zone de vitesse maximale du courant

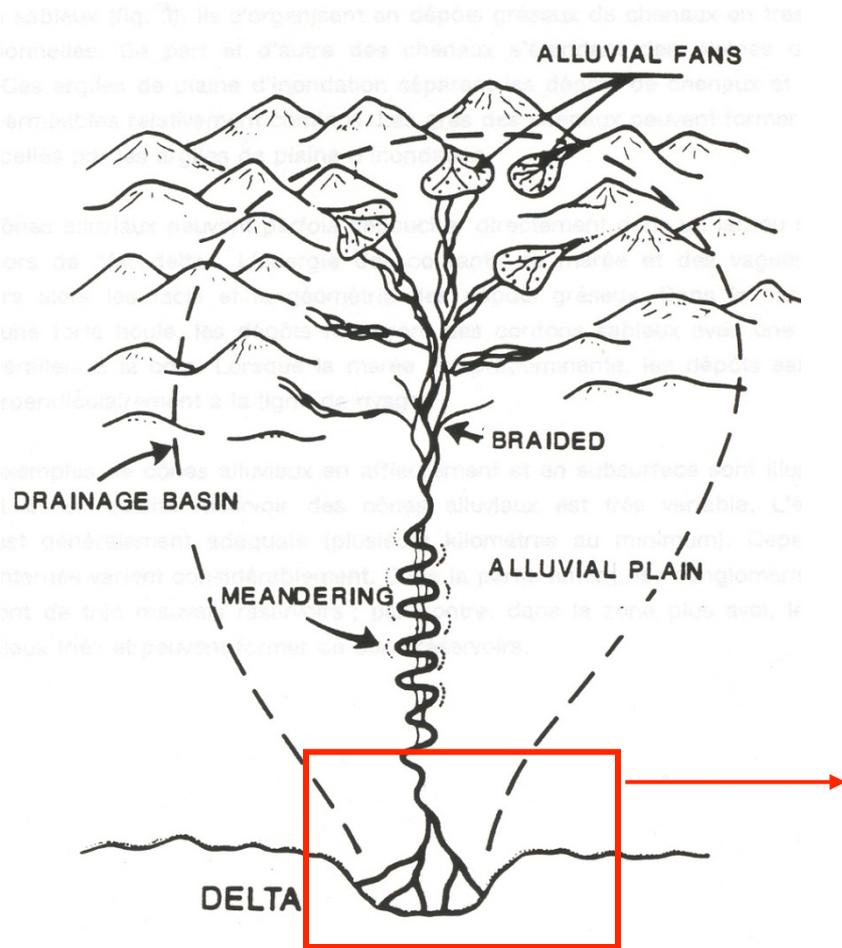
Rive convexe
à pente douce

Rive concave
à pente raide



Dépôt des particules à l'opposé de la zone de vitesse maximale du courant
→ formation de terrasses alluviales

géologie générale - Constitution d'un système fluvial



diminution de l'énergie du fleuve
dépôt et formation d'une plaine deltaïque

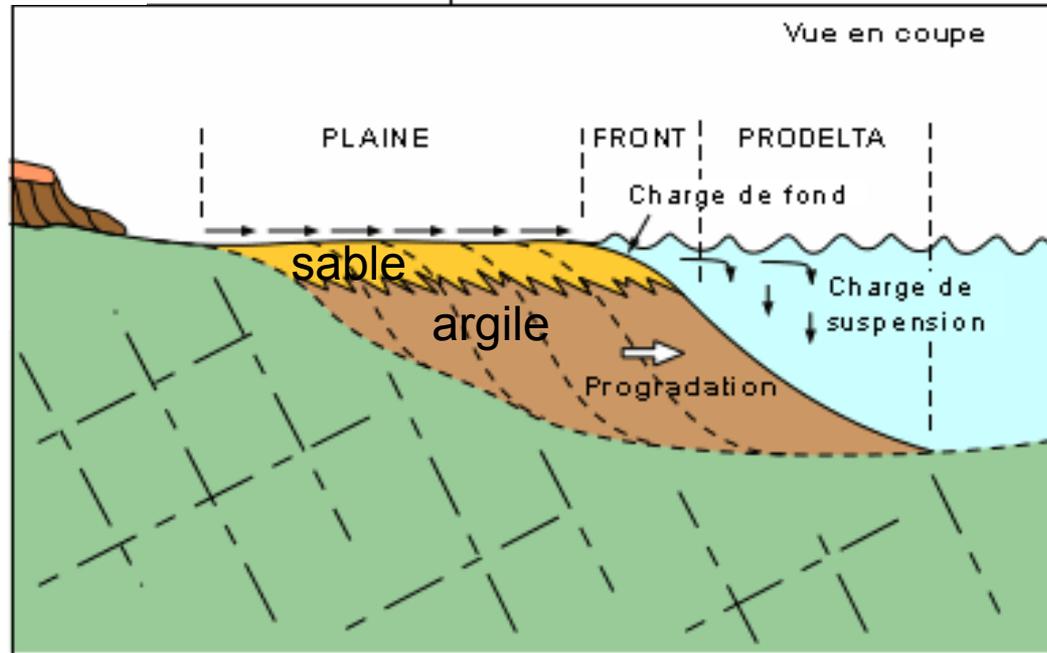
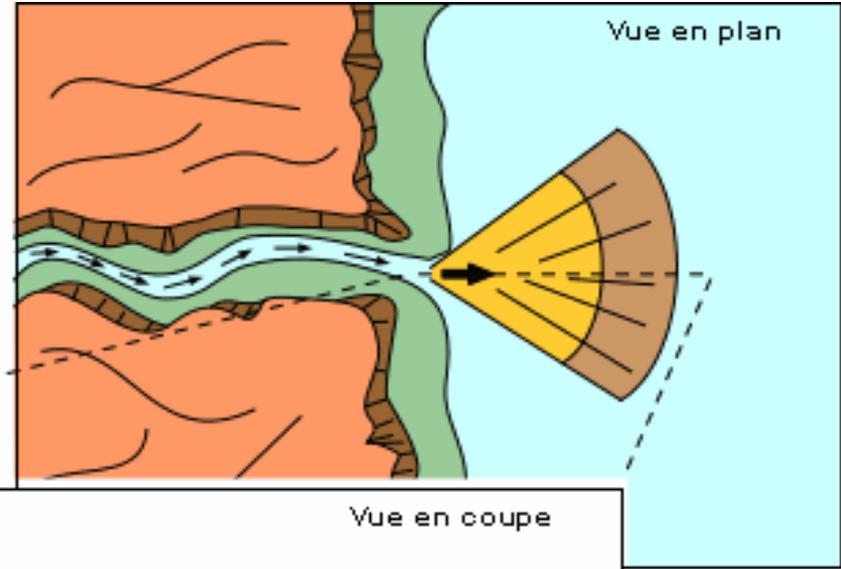
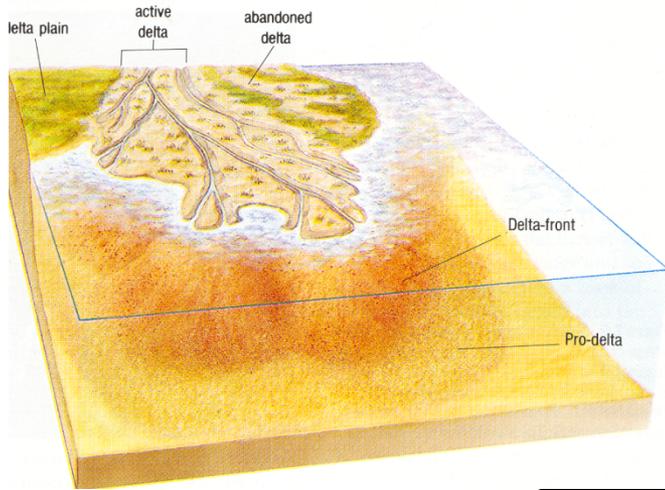


Embouchure → domaine intermédiaire
entre les influences marines et fluviales.

Le fleuve apporte des sédiments redistribués par les courants marins le long des côtes...

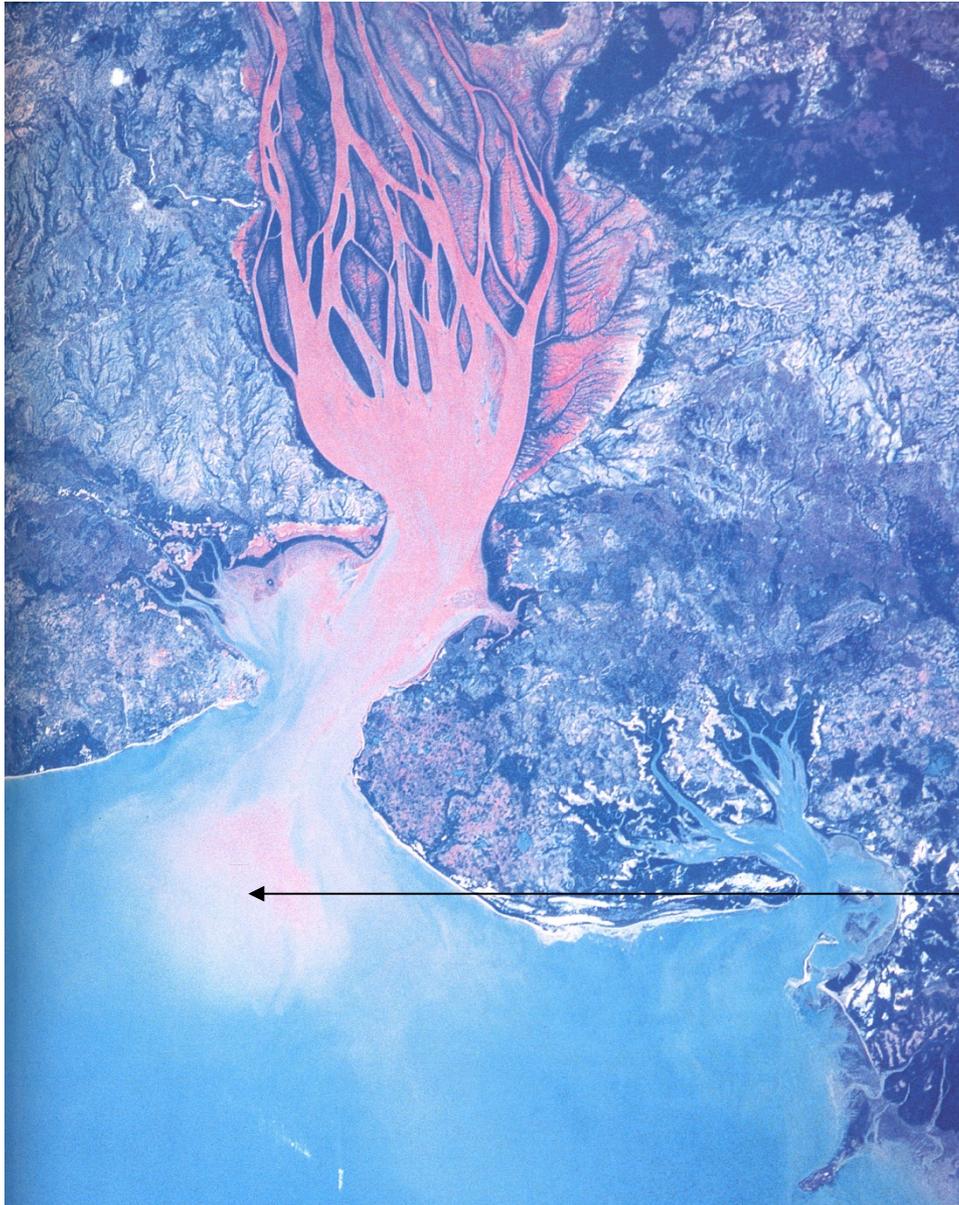
géologie générale - Constitution d'un système fluvial

Quand l'apport sédimentaire fluvial domine formation d'un delta



Prolongement en mer de la plaine deltaïque formation du delta et du prodelta... progradation des faciès deltaïques sur la plateforme

Ex. : MADAGASCAR



Betsiboka

Panache de sédiments
dans les eaux bleues du canal
de Mozambique
(entre Madagascar et la côte africaine)

delta

10 km

Géologie Générale

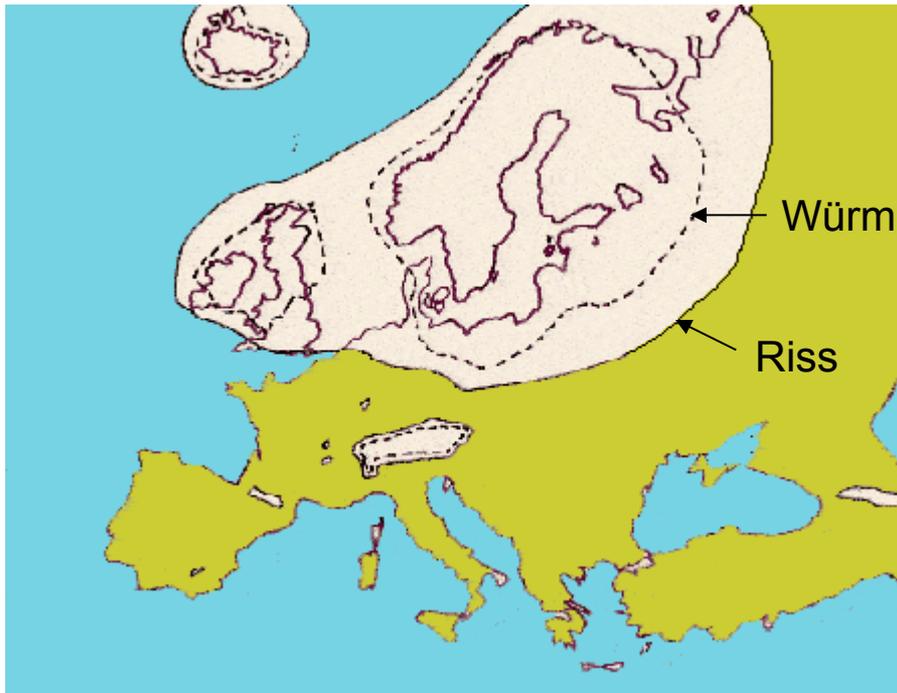
Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

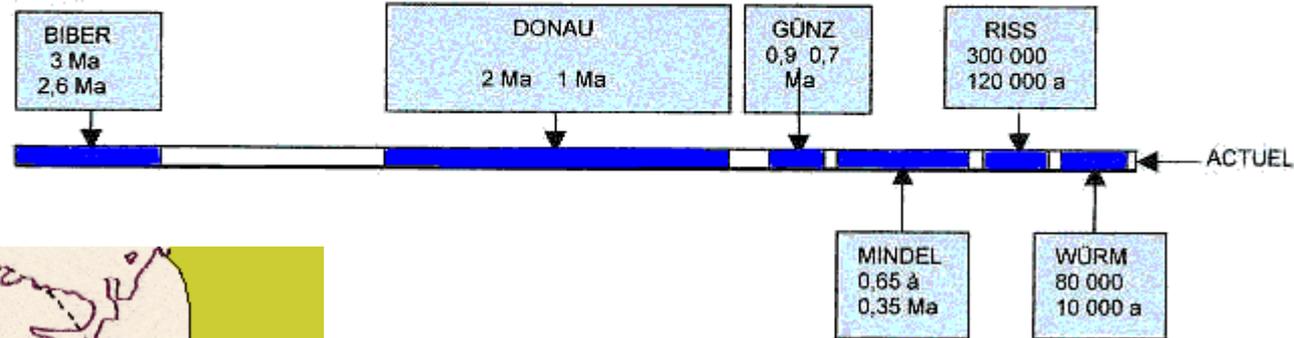
- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
- 5. Erosion glaciaire**
 - 5-1. Glaciations quaternaires**

succession des périodes glaciaires

Extension des glaciers au Riss et au Würm sur l'Europe...

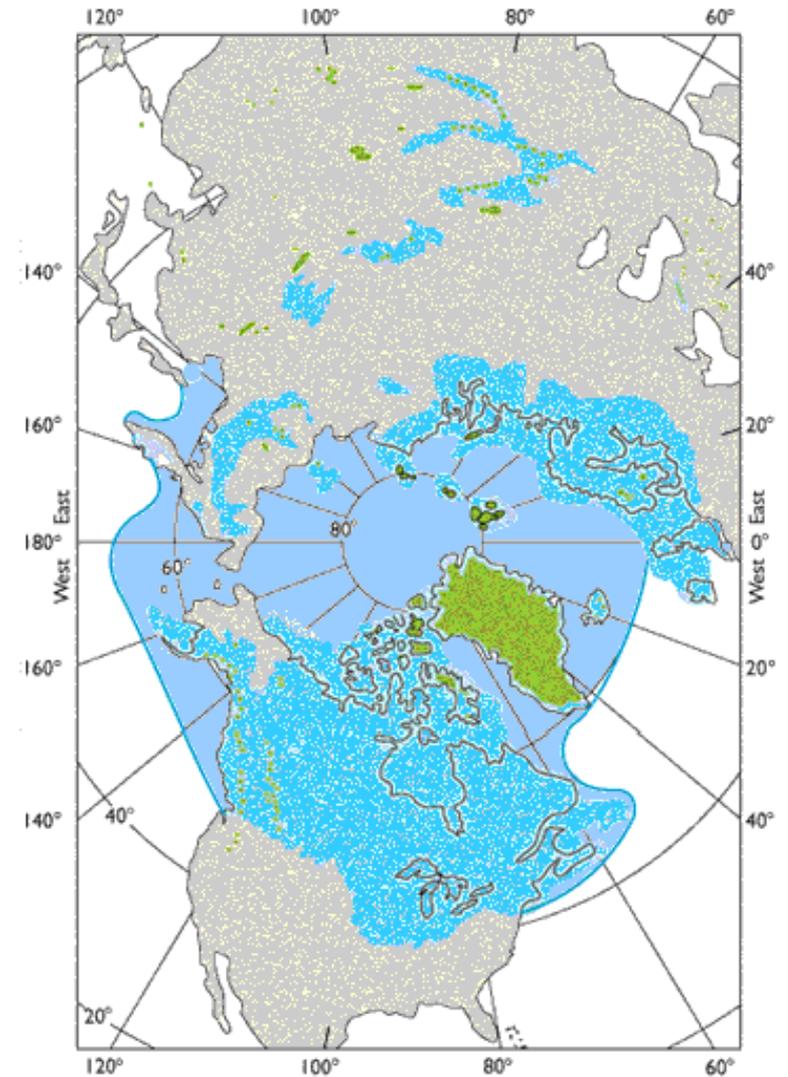
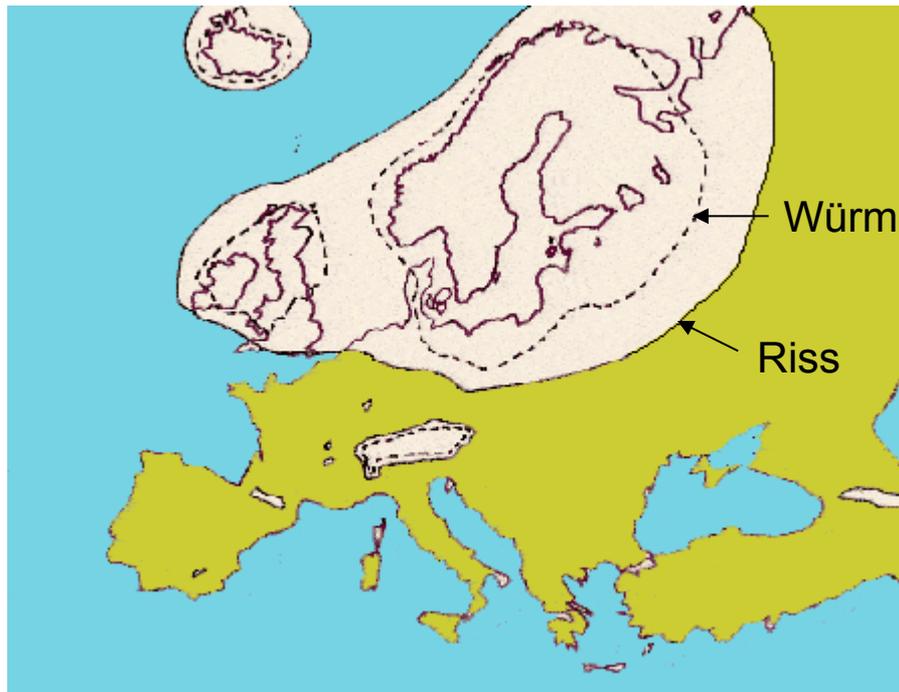


LES GLACIATIONS QUATERNAIRES DANS LES ALPES



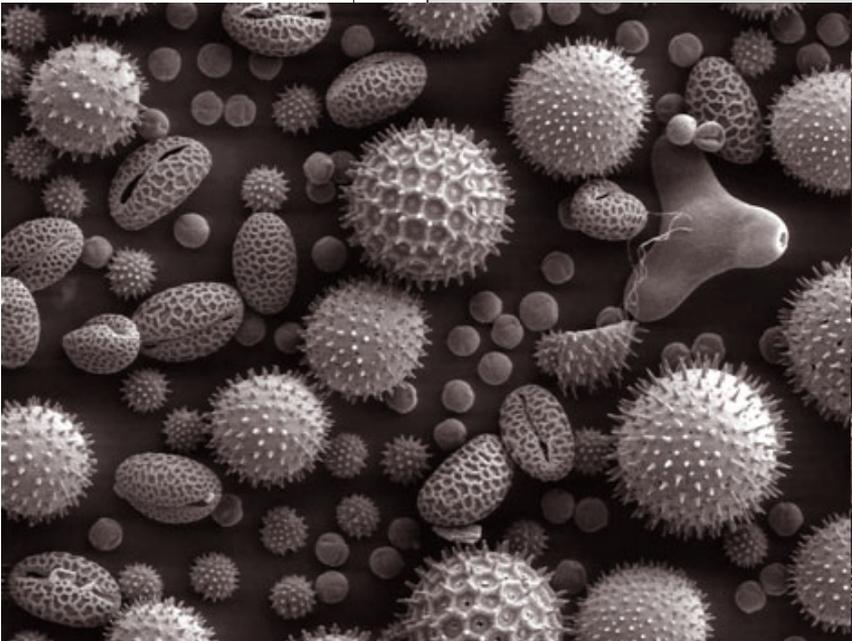
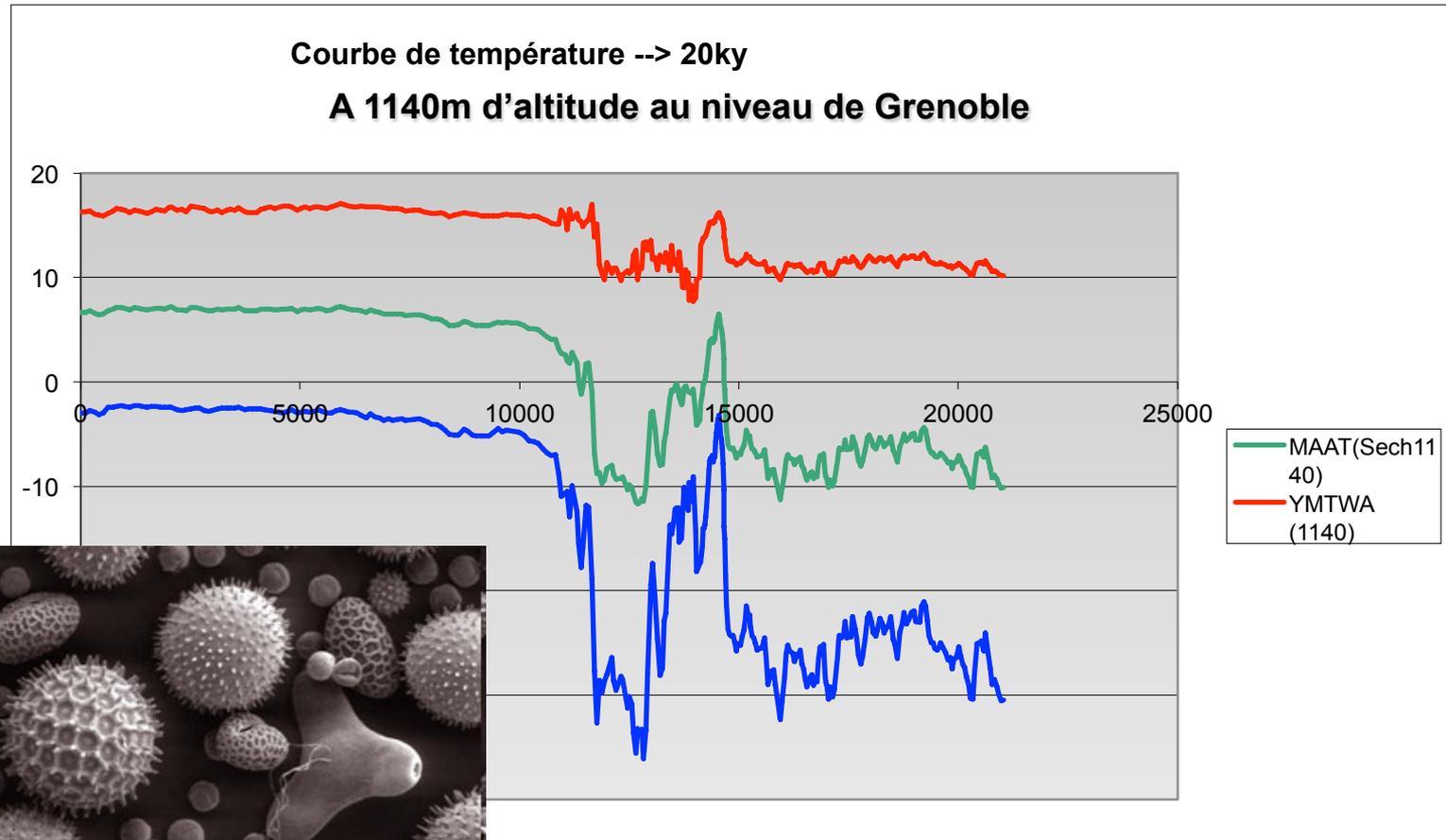
- ➔ Formation de l'Inlandsis scandinave
- ➔ et des principaux glaciers

**Extension des glaciers
au Riss et au Würm sur
l'Europe...**



-  Principal areas formerly covered by glacier ice
-  Principal areas now covered by glacier ice
-  Maximum limit of sea ice

Reconstruction des courbes paléo-climatiques



Reconstruction basée sur
→ l'étude des pollens
→ dO¹⁸ carotte de glace

Il y a 20ka existence d'un pergélisol continu...
implications sur l'érosion et l'écoulement de surface

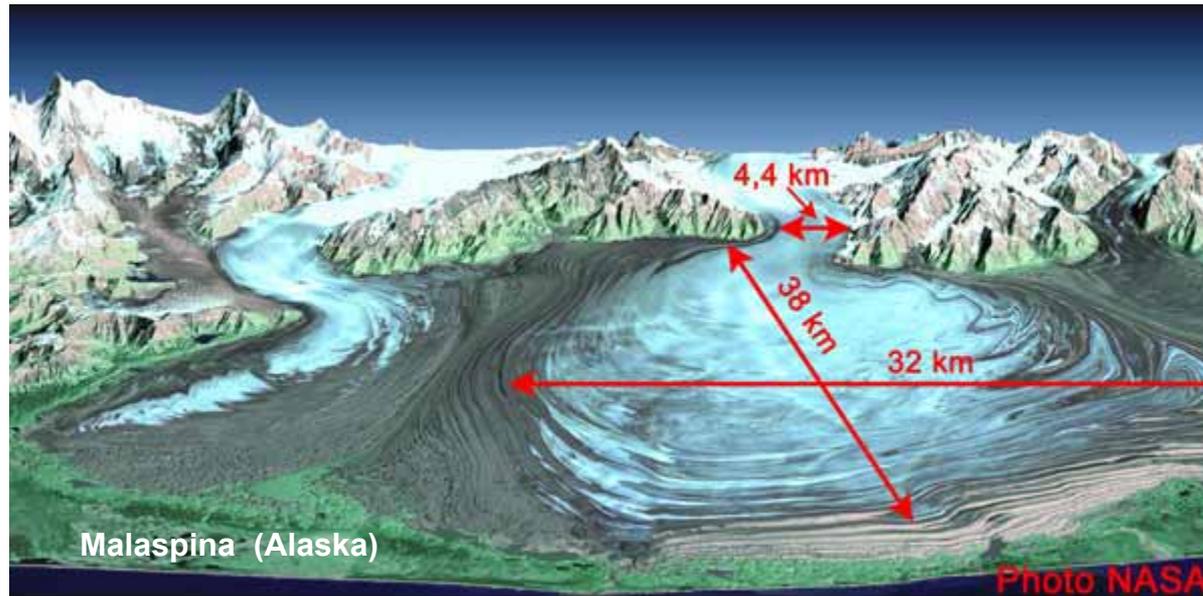
Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
- 5. Erosion glaciaire**
 - 5-1. Glaciations quaternaires**
 - 5-2. Différents types de glaciers**

Différents types de glaciers



Glacier perché
→ **Glacier froid**
(faible érosion)

Glacier de vallée
et formation de lobe
→ **Glacier tempéré**
(forte érosion)

Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
- 5. Erosion glaciaire**
 - 5-1. Glaciations quaternaires**
 - 5-2. Différents types de glaciers**
 - 5-3. Modes d'érosion glaciaires**

➔ 1-Erosion par la glace

Action abrasive sur le substratum formation d'un modelé glaciaire



Erosion par poussée entraînant fracturation et arrachement des reliefs
→ abrupts d'arrachement



→ Stries et cannelures de dimension métrique



→ 2-Erosion par les eaux glaciaires



Eaux glaciaires ?

- eaux de fonte de surface
- eaux de versants
- eaux météoriques
- eaux de fonte liées au mouvement du glacier

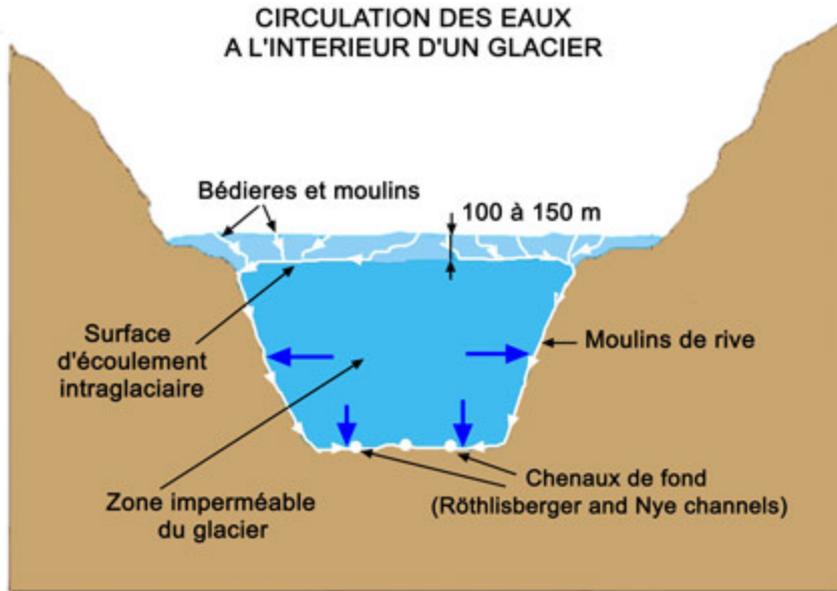
Agissent par

- érosion mécanique (éléments transportés)
- érosion hydraulique



→ Pression différentielle contribuant à la formation d'abrupts d'arrachement

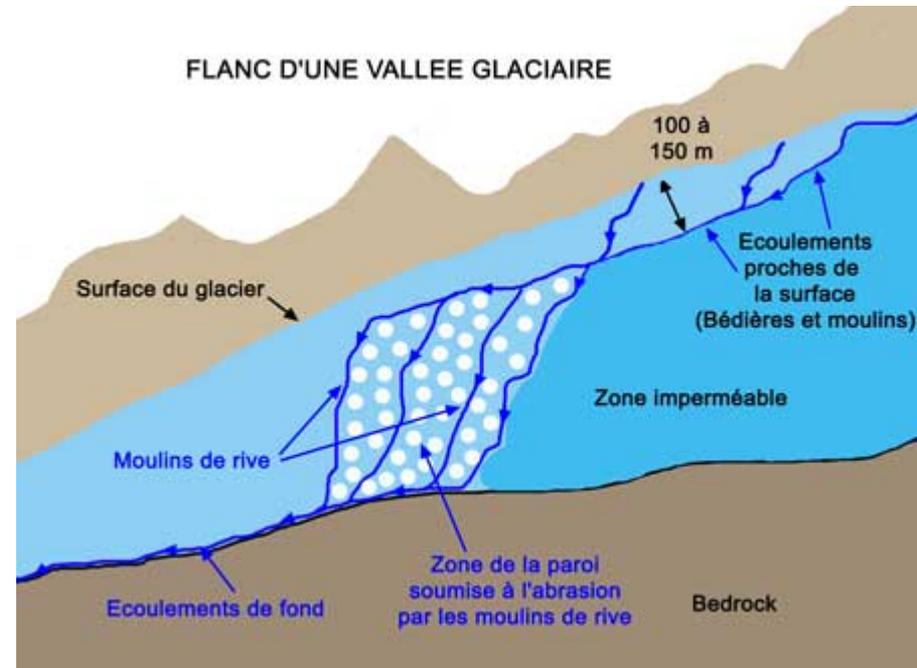
→ 2-Erosion par les eaux glaciaires (suite)



Eaux glaciaires circulent en surface (150m), puis s'écoulent sur la surface d'écoulement périglaciaire...

Rejoignent les rives et s'enfoncent en profondeur des moulins de rive...

Arrivées au fond d'auge, elles circulent dans des chenaux sur toute la largeur



➔ 3-Exemple d'érosion par le glacier (action glace + eau)

Phénomène de surcreusement du bedrock par le glacier lié à des variations de la résistance des matériaux (changement de lithologie, présence de faille...)

➔ Exemple du bassin de Séchilienne dans la vallée de la Romanche



➔ 3-Exemple d'érosion par le glacier (action glace + eau)

Phénomène de surcreusement du bedrock par le glacier lié à des variations de la résistance des matériaux (changement de lithologie, présence de faille...)

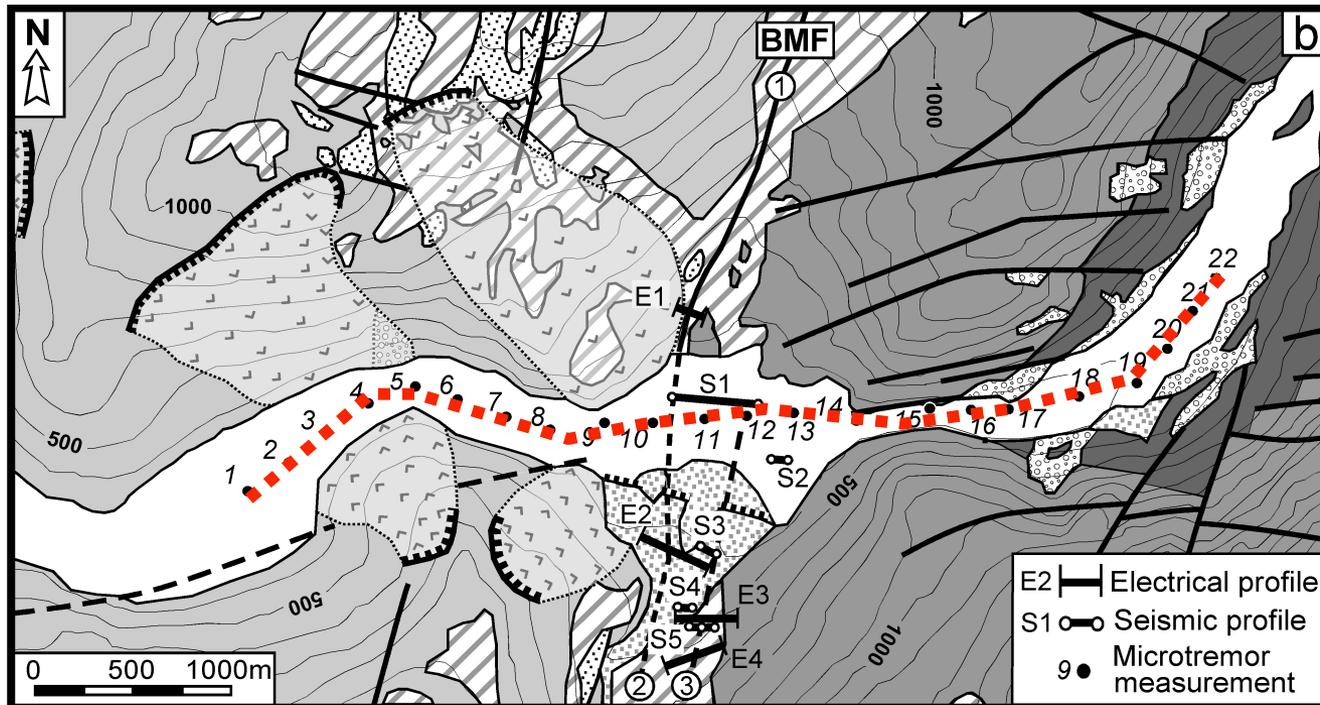
➔ Exemple du bassin de Séchilienne dans la vallée de la Romanche



➔ 3-Exemple d'érosion par le glacier (action glace + eau)

Phénomène de surcreusement du bedrock par le glacier lié à des variations de la résistance des matériaux (changement de lithologie, présence de faille...)

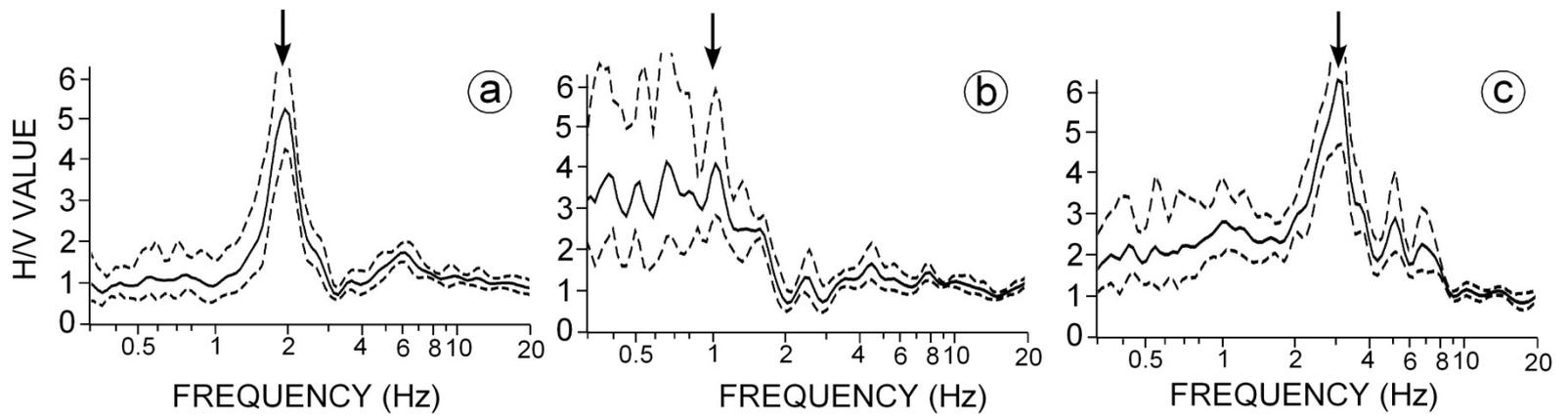
➔ Exemple du bassin de Séchilienne dans la vallée de la Romanche



MICASCHISTES

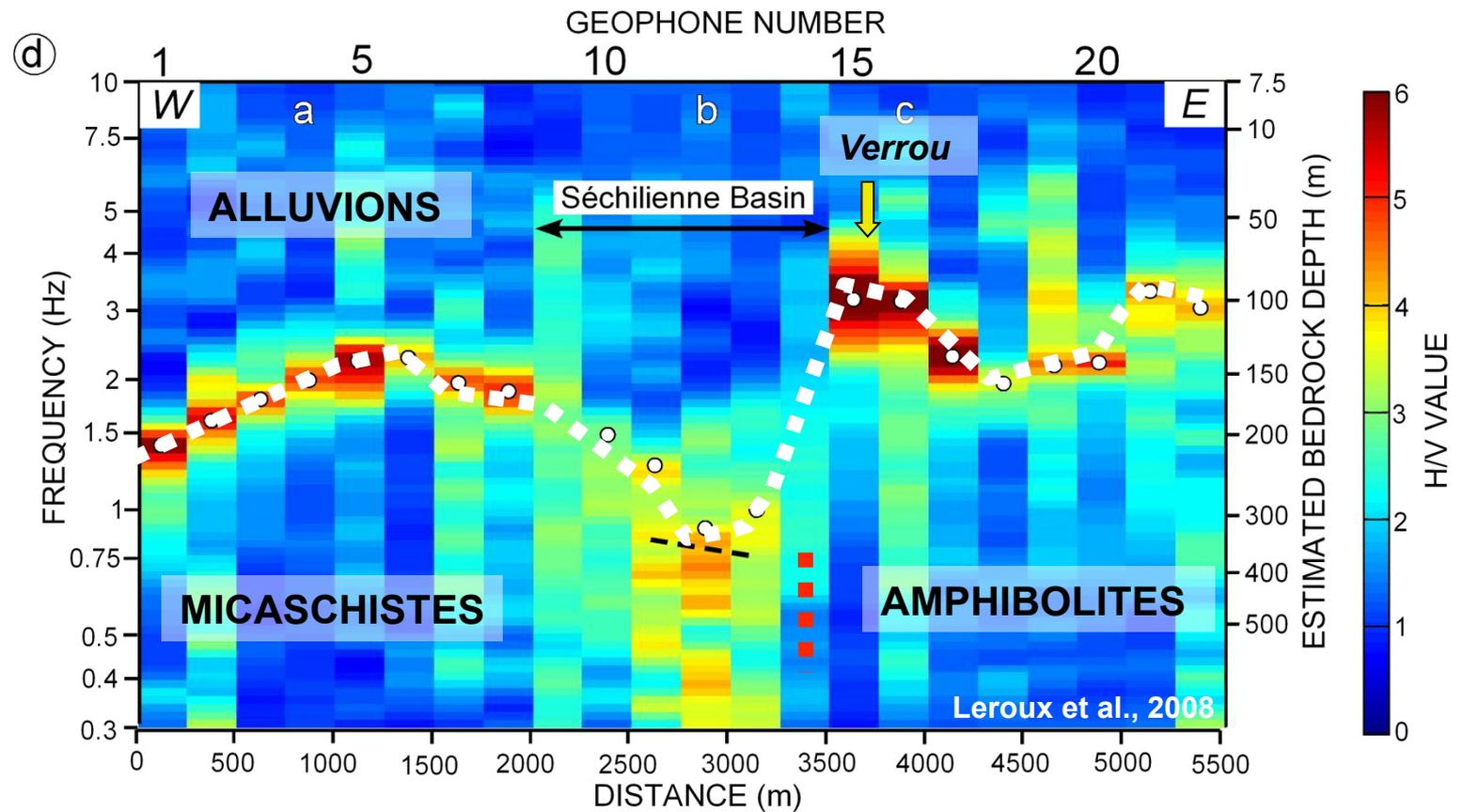
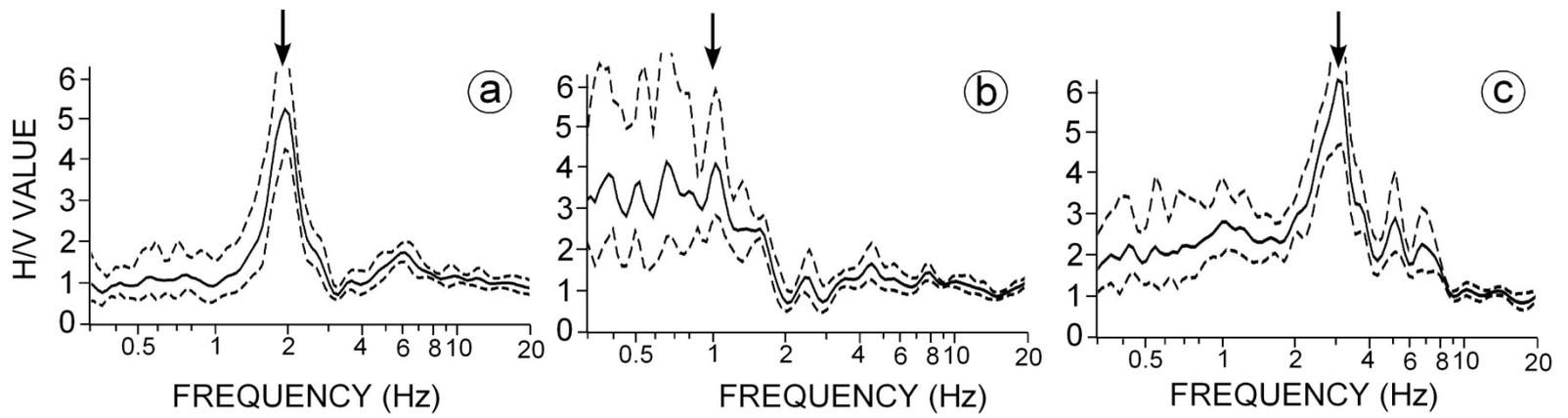
AMPHIBOLITES

➔ Réalisation d'un profil de bruit de fond sismique afin d'obtenir la profondeur du bedrock...



➔ **Pic de fréquence des vibrations (enregistré par un géophone)
fonction de l'épaisseur des alluvions sur le bedrock.**

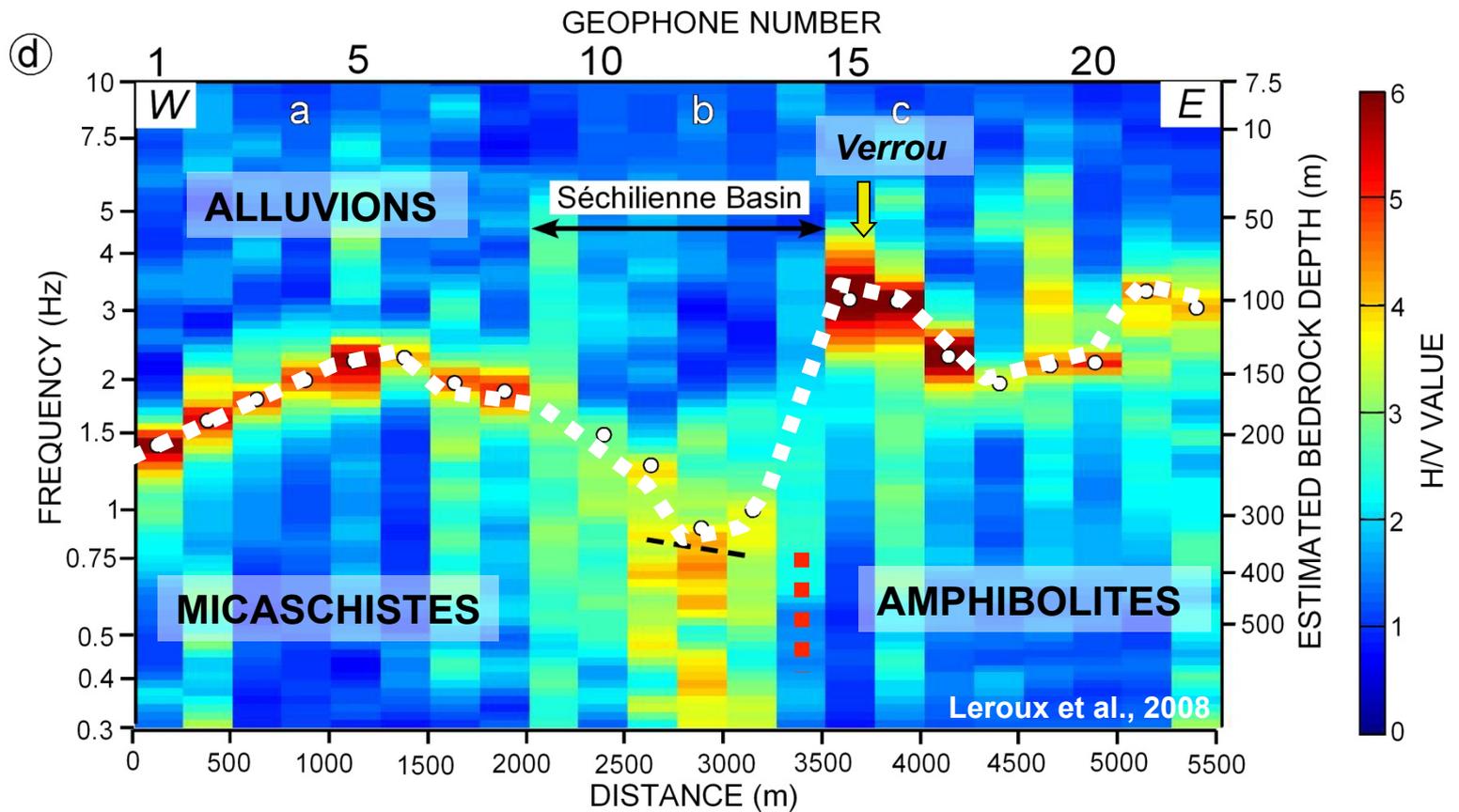
Plus le pic est basse fréquence plus l'épaisseur est importante.



→ Coupe verticale montrant l'abaissement brutal du toit du bedrock de 100 à plus de 350m au cœur du bassin

Bassin de Séchillienne

= surcreusement glaciaire comblé et masqué par les alluvions de la Romanche



Géologie Générale

Géotech 3

→ Partie V. Erosion et altération des roches

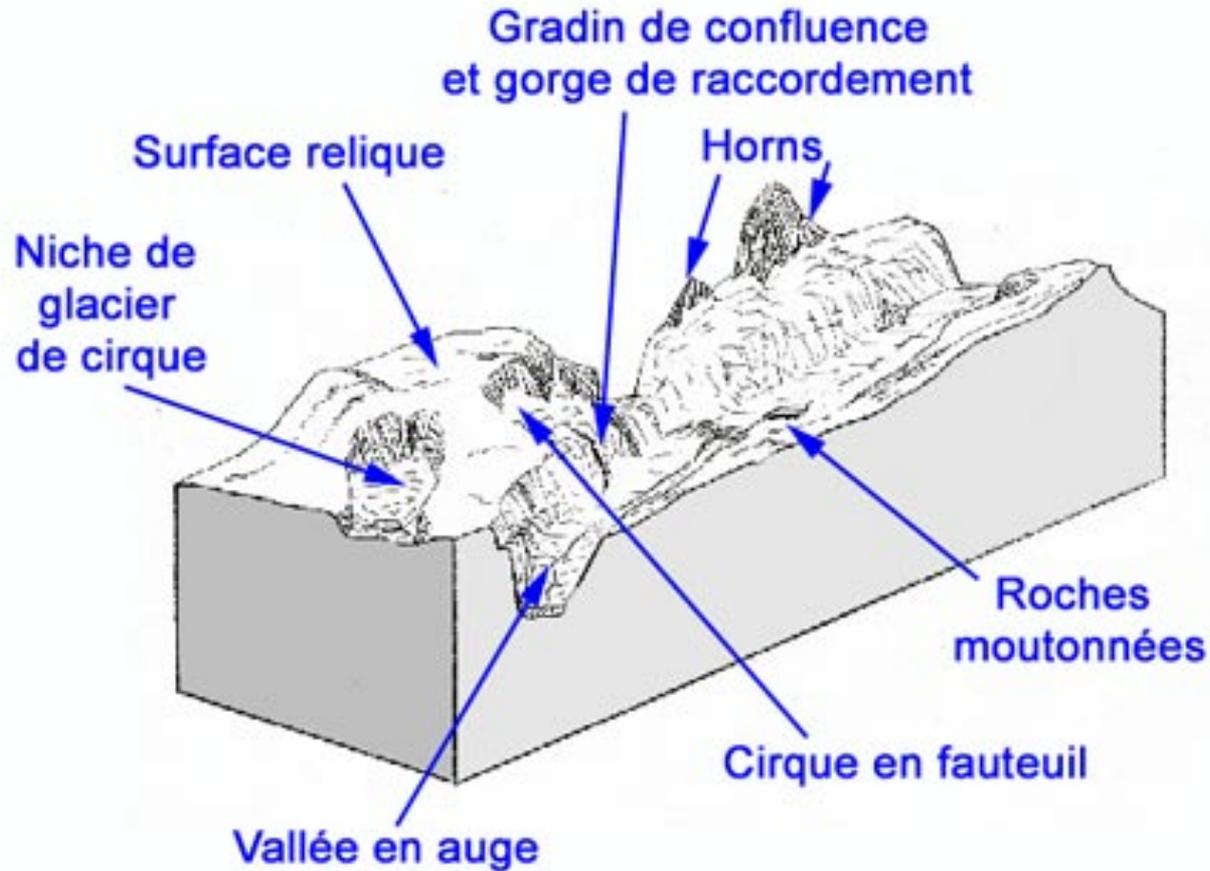
- 1. L'eau sur Terre et ses propriétés**
- 2. Action chimique de l'eau**
- 3. Action mécanique de l'eau**
- 4. Constitution d'un système fluvial**
- 5. Erosion glaciaire**
 - 5-1. Glaciations quaternaires**
 - 5-2. Différents types de glaciers**
 - 5-3. Modes d'érosion glaciaires**
 - 5-4. Modelés et dépôts glaciaires**

géologie générale – Erosion glaciaire

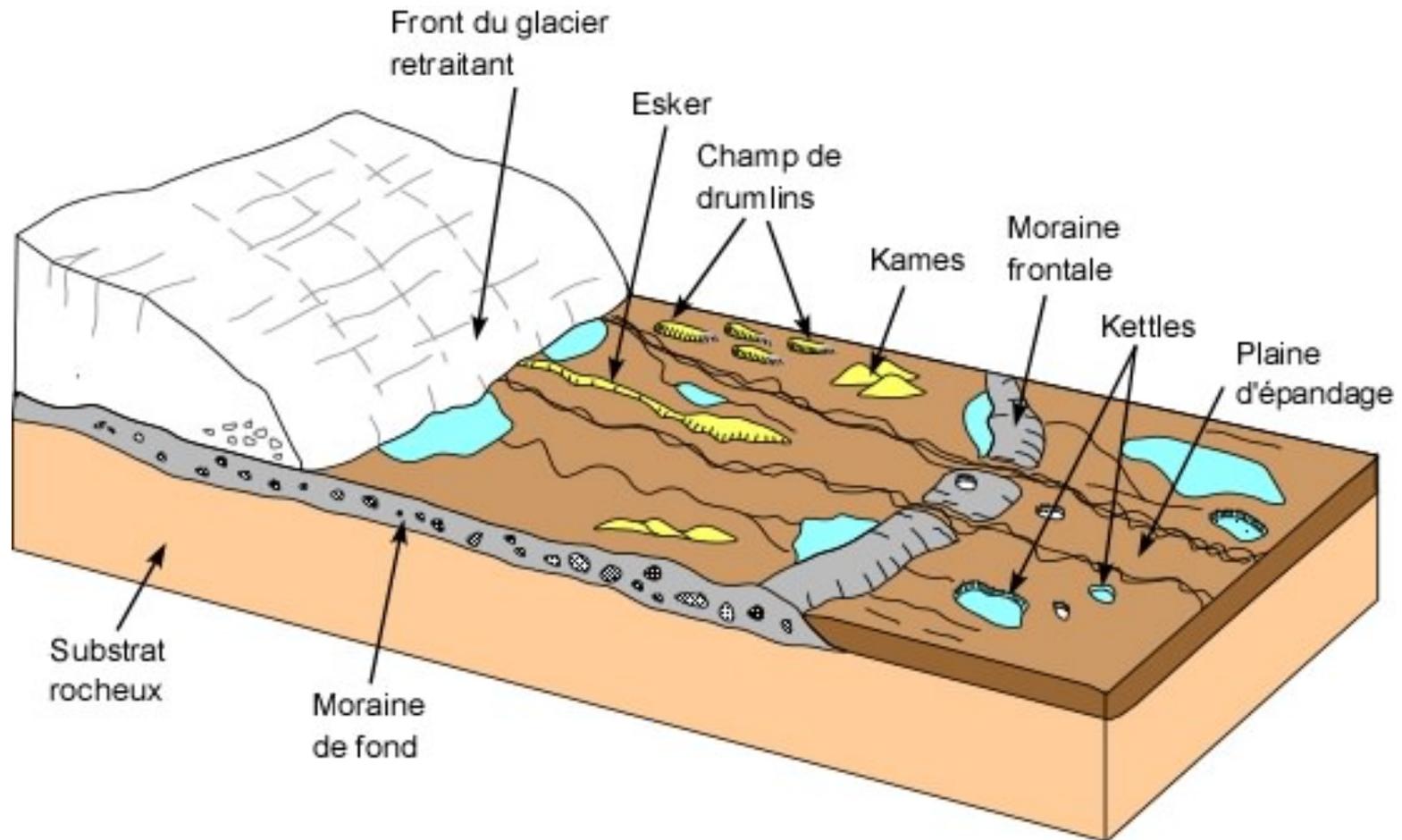
Empreinte d'un glacier disparu dans le paysage peut être très diverse...

Le paysage résulte de l'interaction de 3 facteurs :

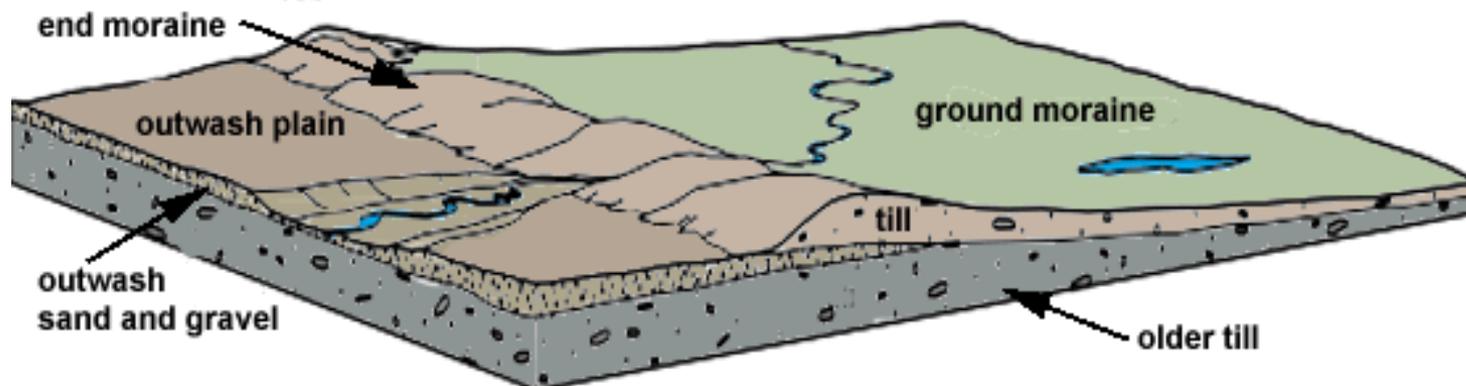
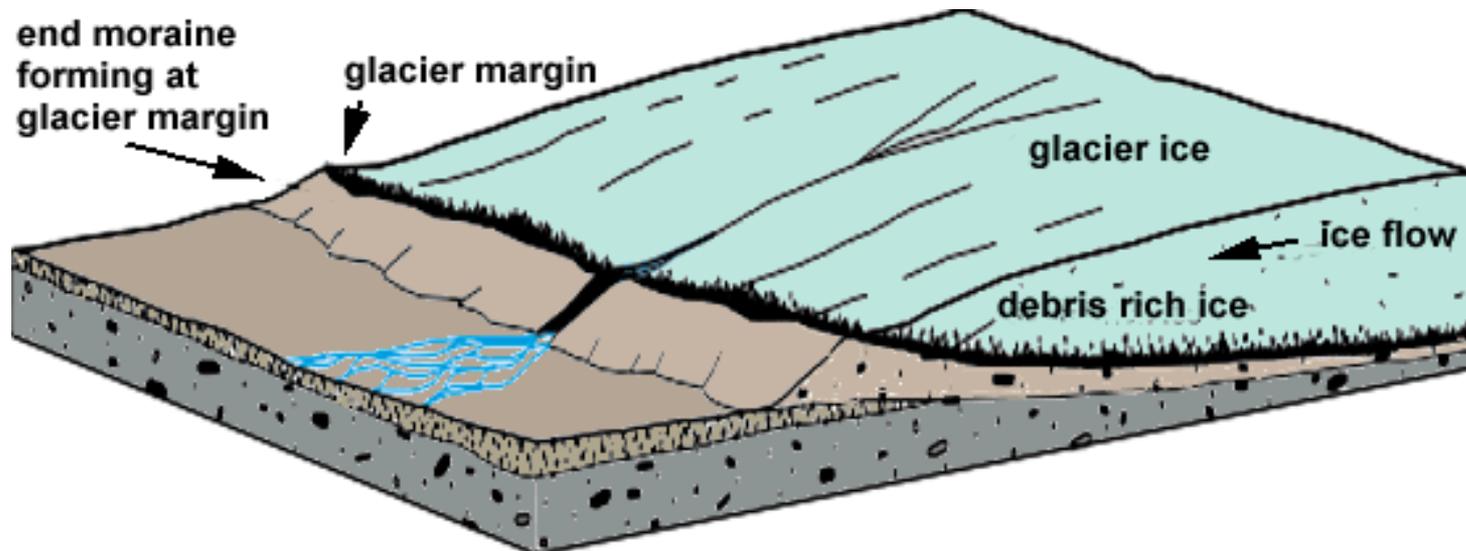
- nature des roches
- tectonique
- érosion



Les **dépôts associés** à l'action des glaciers et des eaux de fonte constituent les **dépôts morainiques**.....



Les **dépôts associés** à l'action des glaciers et des eaux de fonte constituent les **dépôts morainiques**.....



Les **dépôts associés** à l'action des glaciers et des eaux de fonte constituent les **dépôts morainiques.....**



géologie générale – Erosion glaciaire



Dépôts morainiques

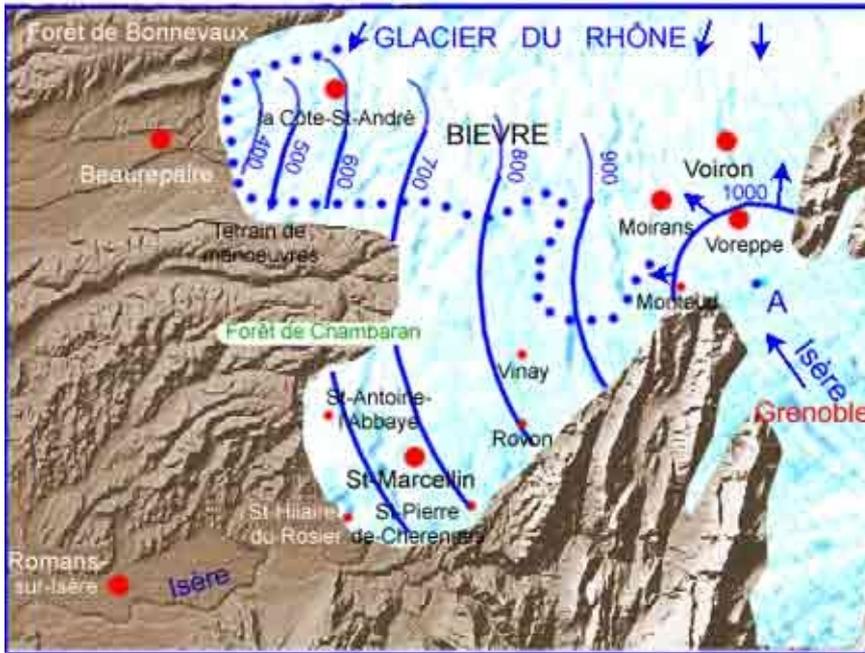


Caractéristiques particulières :

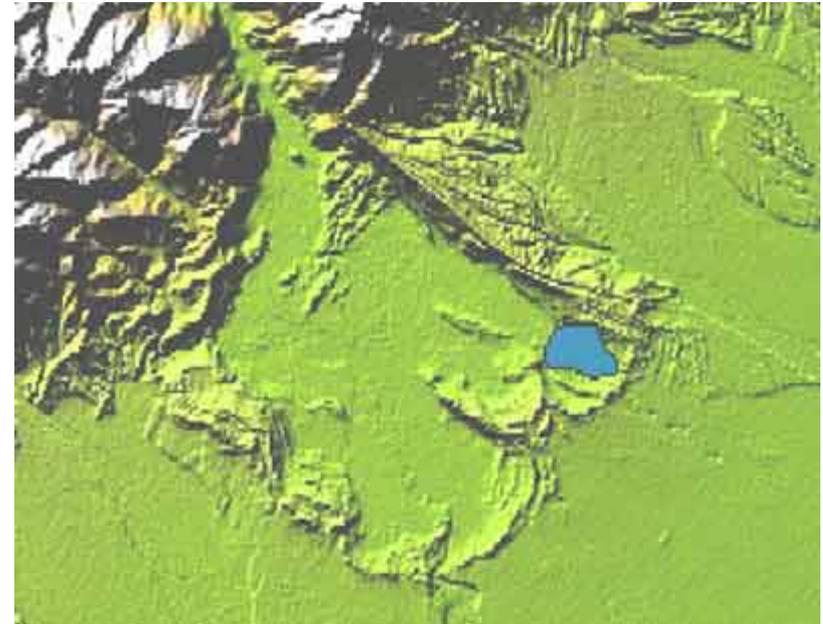
- blocs de toutes tailles (+/- anguleux)
- granulométrie continue depuis les argiles → gros blocs
- pas ou peu de litage

Dépôts morainiques

LE LOBE DU GLACIER RISSIEN DE L'ISERE



Les pointillés bleus ••••• marquent la limite d'extension vers l'ouest du glacier rissien selon la carte géologique au 1 : 250 000 LYON

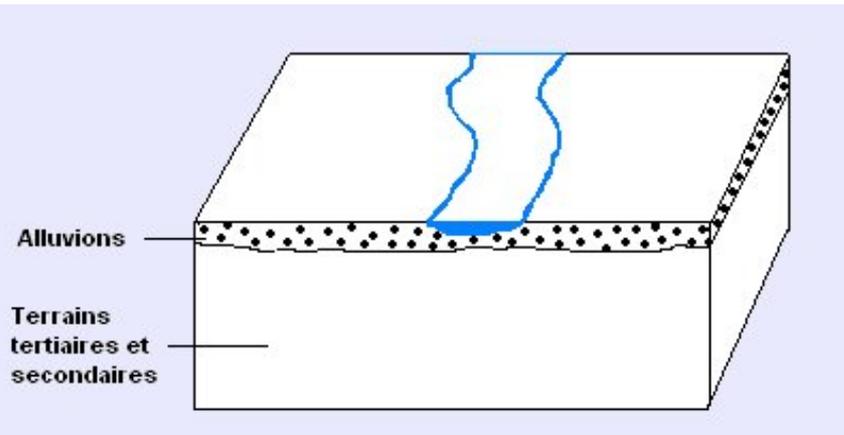


cordons morainiques → signe le max. glaciaire

vallum morainique de la Dora Baltea (Italie plaine du Pô)

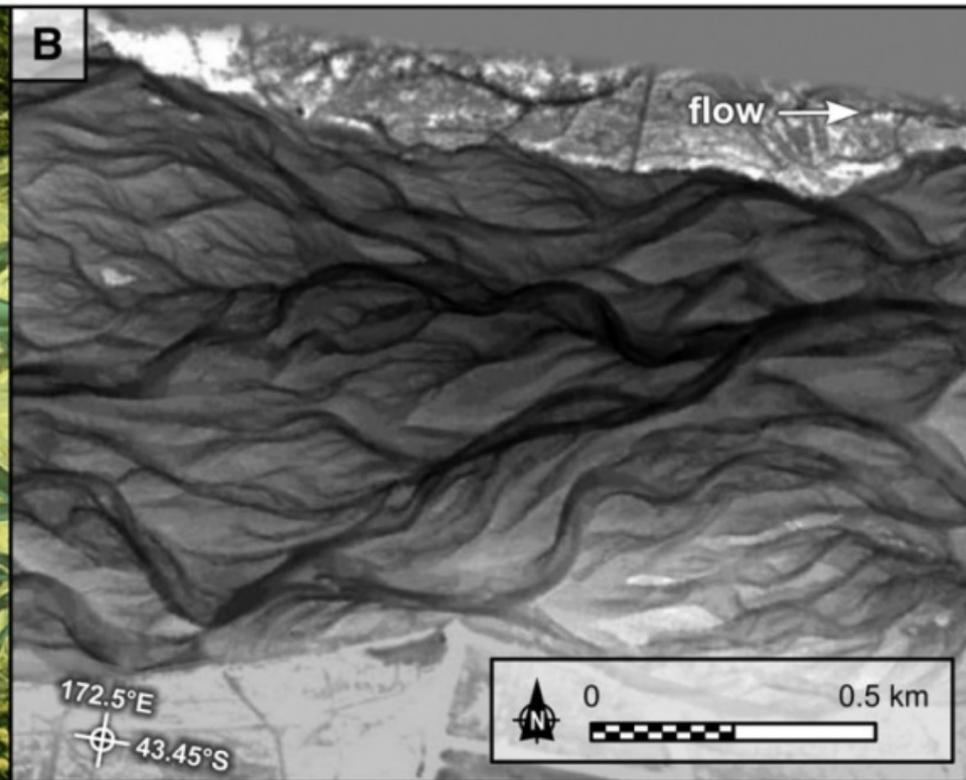
En aval des systèmes glaciaires → terrasses alluviales

1er stade - Période froide et humide (glaciaire) :



- Les écarts de débit d'une saison à l'autre sont importants (fortes débâcles printanières).
- La faible végétation se traduit par une érosion importante.
- La rivière s'étale sur le plateau et dépose des alluvions.

→ **L'alluvionnement est supérieur au transport.**

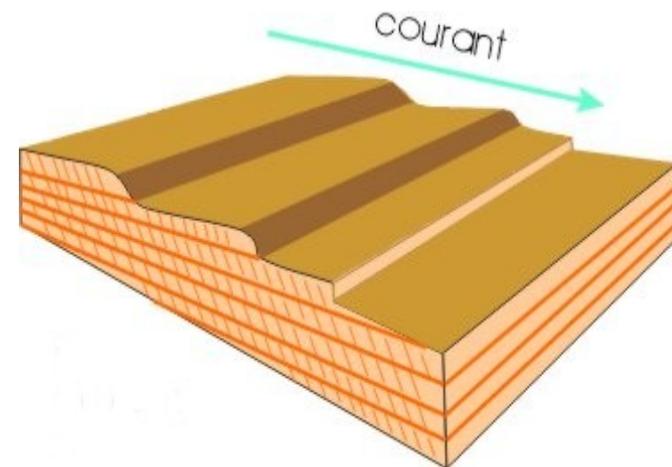


En aval des systèmes glaciaires → terrasses alluviales

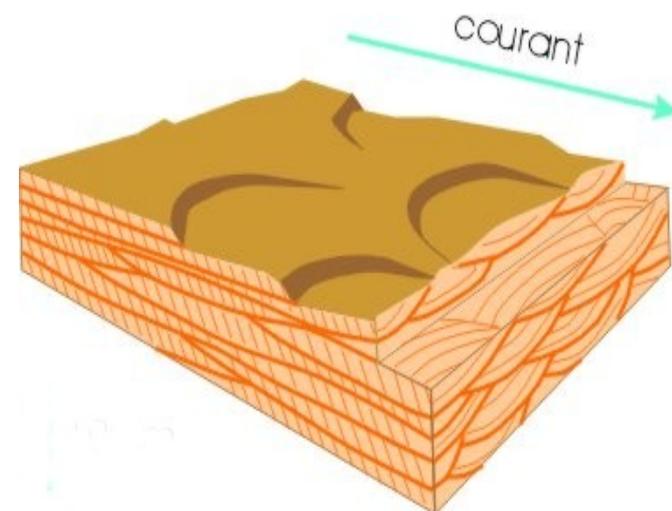
Sables et conglomérats



Dune hydraulique avec direction de courant constant



Dune hydraulique avec direction de courant changeant



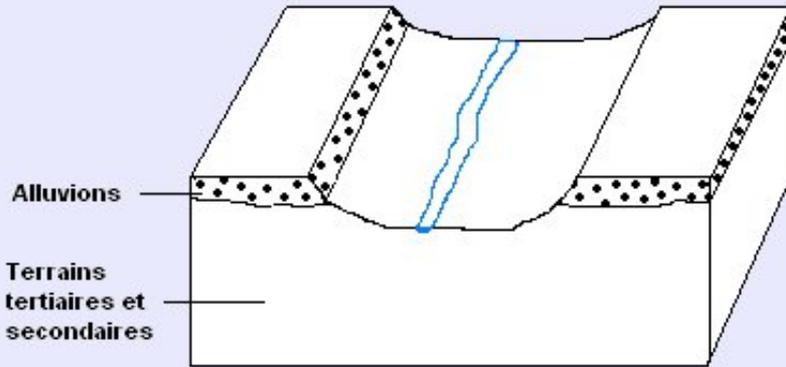
En aval des systèmes glaciaires → terrasses alluviales



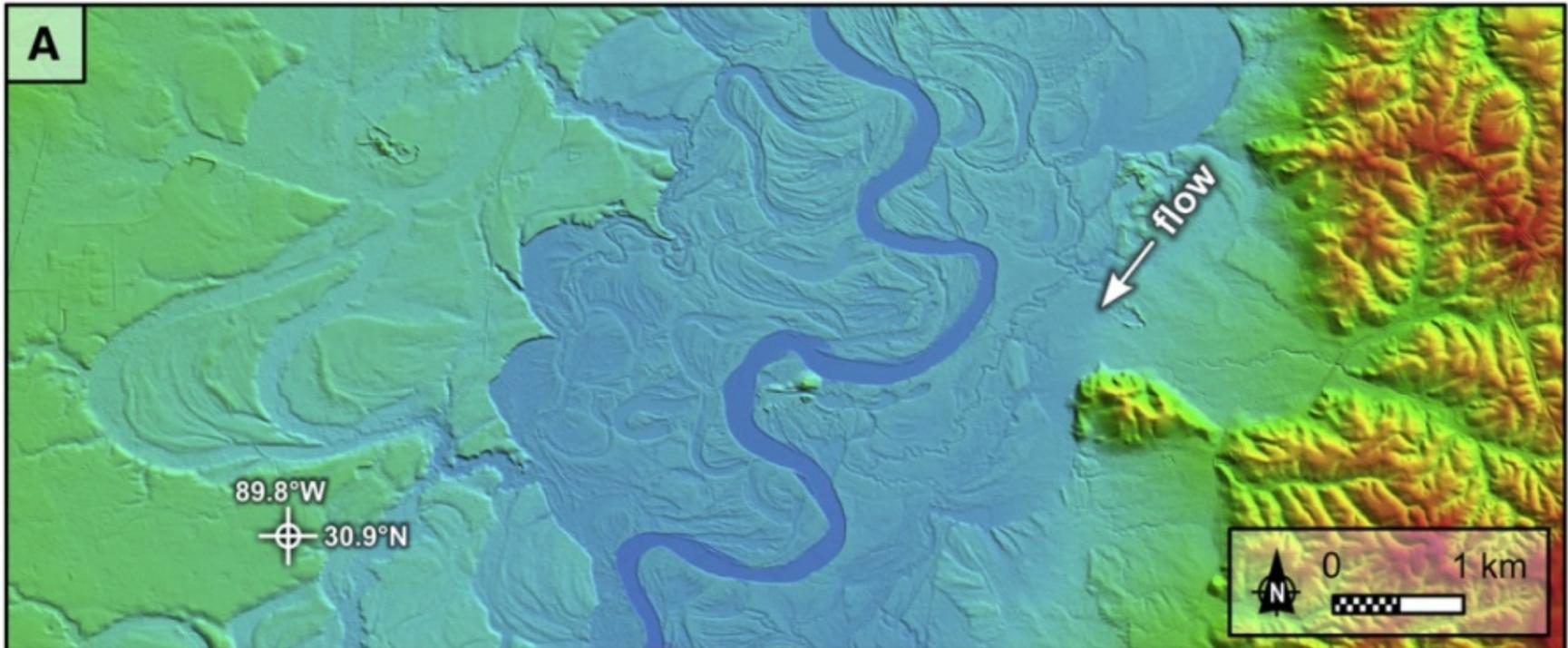
Photo : Alain FARALLI

En aval des systèmes glaciaires → terrasses alluviales

2ème stade - Période chaude et sèche (interglaciaire) :

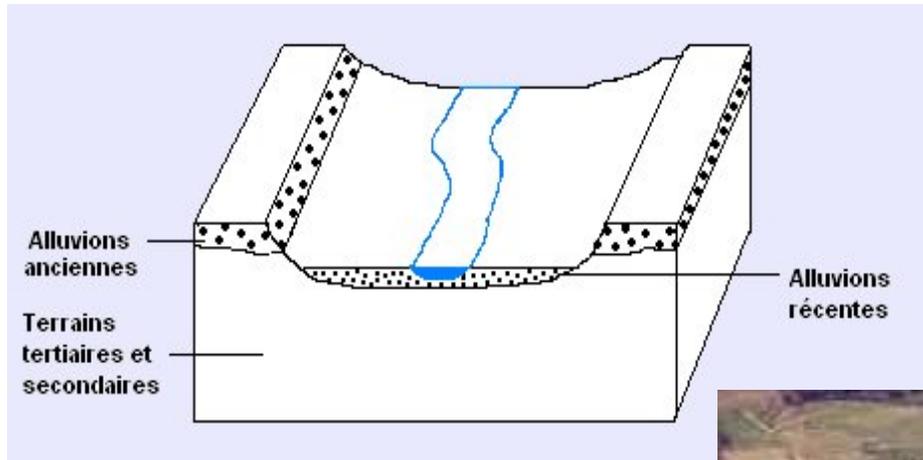


- Les écarts de débit d'une saison à l'autre sont faibles.
 - La forte végétation protège les sols de l'érosion, peu d'apport de matériel détritique.
 - Les écoulements sont trop faibles pour qu'il se dépose des alluvions.
 - La rivière creuse son lit lors des rares périodes de forts courants, dans ses alluvions antérieures puis dans les formations sous-jacentes.
- **Le transport est supérieur à l'alluvionnement.**



En aval des systèmes glaciaires → terrasses alluviales

3ème stade - Période froide et humide (glaciaire) :



- Écarts de débit importants d'une saison à l'autre, faible végétation, forte érosion et éclatement des roches par l'action du gel/dégel.

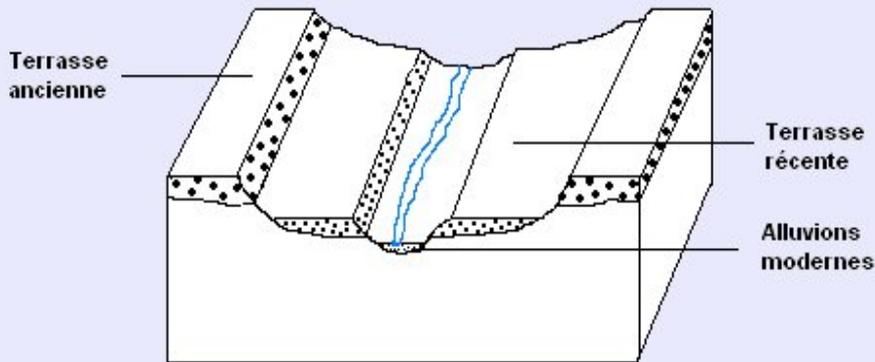
- La rivière élargit son lit et dépose des alluvions.

→ L'alluvionnement est supérieur au transport.



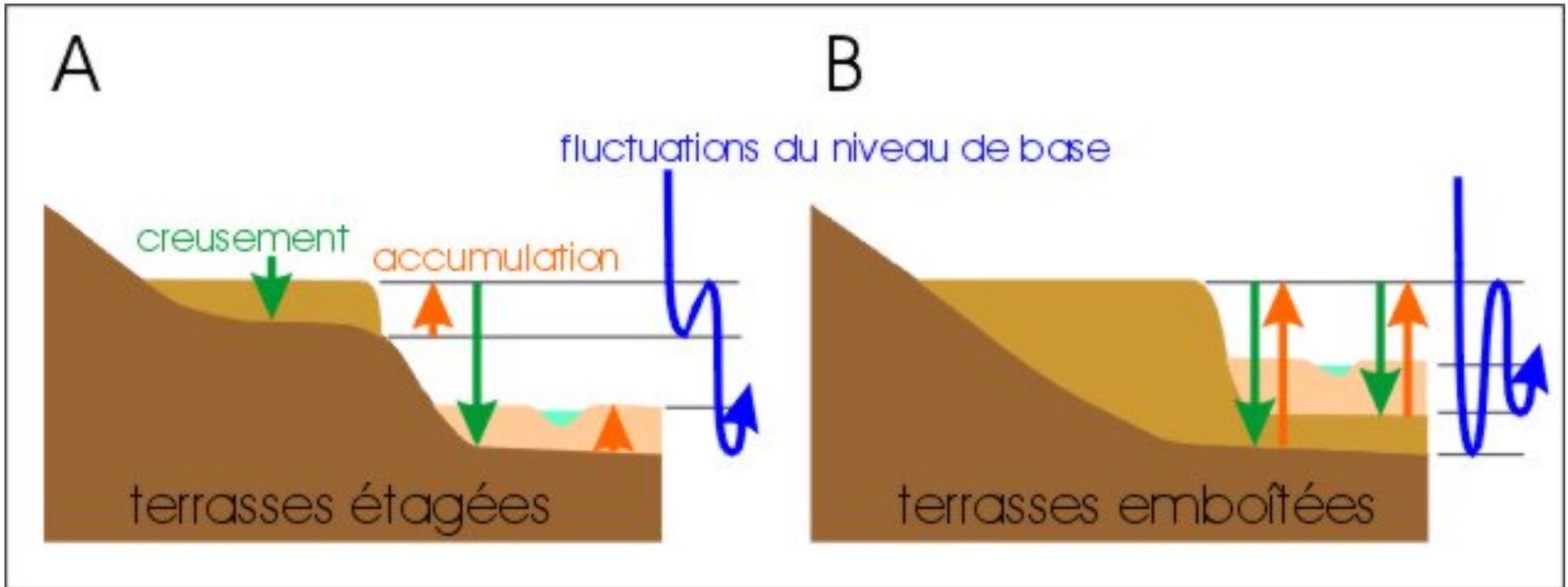
En aval des systèmes glaciaires → terrasses alluviales

4ème stade - Période chaude et sèche (interglaciaire) :



- La rivière creuse son lit.

Stade final : formation de terrasses étagées ou emboîtées, les plus anciennes étant les plus hautes topographiquement.



En aval des systèmes glaciaires → terrasses alluviales

